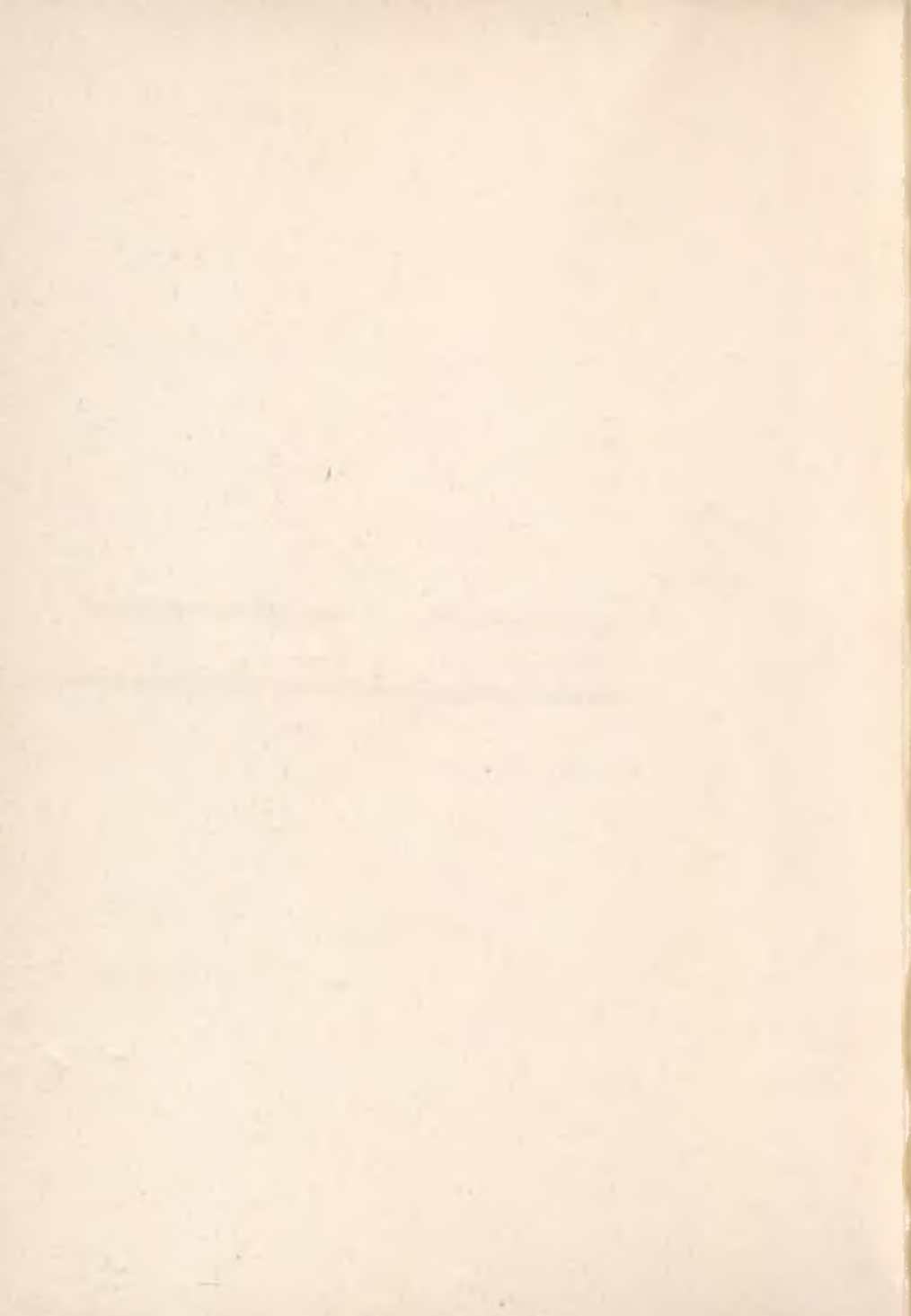


CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV 1983



1 m RCC



RCC

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1983. évről

Tartalomjegyzék

1983. évi csillagászati és űrkutatási tevékenység

Dr. J. Károlyi

2. A csillagászat és az űrkutatás helyzete Magyarországon

Dr. J. Károlyi

3. A csillagászat és az űrkutatás

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1983. évre

Szerkesztette

a TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályának
Országos Választmánya,
az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csillagászati Csoportjának és
a MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályának
közreműködésével

GONDOLAT KIADÓ · BUDAPEST, 1982

VIKTORIA ILLUSZTRÁCIÓS

1982. ÉVI KIADÁS

VIKTORIA

A VIKTORIA ILLUSZTRÁCIÓS KIADÁS A VIKTORIA ILLUSZTRÁCIÓS KIADÁS

VIKTORIA ILLUSZTRÁCIÓS KIADÁS

A VIKTORIA ILLUSZTRÁCIÓS KIADÁS A VIKTORIA ILLUSZTRÁCIÓS KIADÁS

VIKTORIA ILLUSZTRÁCIÓS KIADÁS

VIKTORIA ILLUSZTRÁCIÓS KIADÁS

ISSN 0526—233 X

© Gondolat Kiadó, 1982

TÖRÖLVE
MIA Csillag-nyomda
Intézete könyvtára
16.894/19.83

Színes borítókön: A Dione nevű szaturnuszhold becsapódási kráterei

Tartalom

I. Táblázatok

A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai	8
A szabad szemmel látható bolygók adatai	34
Az Uránusz és Neptunusz adatai	41
A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái 0 ^h világidőkor....	42
A jupiterholdak helyzetei és fogatkozásai (KözEI-ben)	44
A Mars és a Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag.....	52
Bolygókorongok megvilágításának adatai	54
Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)	55
Kiegészítő tudnivalók a táblázatokhoz	64
A csillagos ég 1983-ban	65

II. Beszámolók

Szeidl Béla: Beszámoló az MTA Csillagvizsgáló Intézet 1981. évi működéséről	81
Dezső Lóránt: A Magyar Tudományos Akadémia Napfizikai Obszervatóriumának működése az 1979—1981. években.....	88
Horváth András—Ponori Thewrewk Aurél—Zombori Ottó: TIT Planetárium és Uránia Csillagvizsgáló az 1981. évben.....	95
Kanyó Sándor: A TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmányának és Szakosztályainak 1981. évi tevékenysége	104

III. Cikk

Érdi Bálint—Marik Miklós: A csillagászat legújabb eredményeiből..	110
Almár Iván: Világűr és emberiség	131
Balázs Béla: Ötödik évszázadába lépett a Gergely-naptár	150
Fejes István: VLBI-térképezés a rádiócsillagászatban	163
Ifj. Kálmán Béla: A Nap Maximum Év	182
Kelemen János—Tóth Imre: Az üstökösök	204
Kovács Géza: A Nap oszcillációi	222
Gerhard Neukum: Új eredmények a planetáris geológiában.....	254
Pap Judit: A napállandó	266
Szabados László: Fizikai változócsillagok kettős rendszerekben....	285

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1983. ÉVRE

Az adatokat összeállították
az MTA Csillagászati Kutató Intézet
Napfizikai Observatóriumának
kutatói

FIGYELEM!

A közép-európai zónaidőben (KözEI) megadott
időadatokhoz a nyári időszámítás tartama alatt
1^a-t hozzá kell adni!

Dátum	A hét napjal	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapest						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	1	1	7 32	11 47	16 03	18 32	9 21		
2	V		2	7 32	11 48	16 04	19 51	10 02		
3	H		3	7 32	11 48	16 05	21 10	10 36		
4	K		4	7 32	11 49	16 06	22 25	11 03		
5	Sz		5	7 32	11 49	16 07	23 38	11 26		
6	Cs	2	6	7 32	11 49	16 08	—	11 49	☾ 05 01	
7	P		7	7 31	11 50	16 09	0 48	12 10		
8	Sz		8	7 31	11 50	16 10	1 56	12 34		
9	V		9	7 31	11 51	16 12	3 03	12 59		
10	H		10	7 30	11 51	16 13	4 08	13 28		
11	K	3	11	7 30	11 52	16 14	5 11	14 03		
12	Sz		12	7 30	11 52	16 15	6 09	14 44		
13	Cs		13	7 29	11 52	16 17	7 02	15 31		
14	P		14	7 28	11 53	16 18	7 48	16 27	● 06 09	
15	Sz		15	7 28	11 53	16 19	8 27	17 26		
16	V	4	16	7 27	11 53	16 21	8 59	18 28		
17	H		17	7 27	11 54	16 22	9 26	19 33		
18	K		18	7 26	11 54	16 23	9 50	20 38		
19	Sz		19	7 25	11 54	16 25	10 11	21 44		
20	Cs		20	7 24	11 55	16 26	10 33	22 51		
21	P	5	21	7 23	11 55	16 28	10 54	—		
22	Sz		22	7 22	11 55	16 29	11 16	0 00	☾ 06 34	
23	V		23	7 21	11 56	16 31	11 42	1 11		
24	H		24	7 20	11 56	16 32	12 13	2 25		
25	K		25	7 19	11 56	16 34	12 53	3 42		
26	Sz	6	26	7 18	11 56	16 35	13 43	4 56		
27	Cs		27	7 17	11 57	16 37	14 46	6 05		
28	P		28	7 16	11 57	16 38	15 59	7 05	○ 23 27	
29	Sz		29	7 15	11 57	16 40	17 20	7 52		
30	V		30	7 14	11 57	16 42	18 42	8 30		
31	H	5	31	7 13	11 57	16 43	20 02	9 01		

Hold: 14-én 06^h-kor földtávolban
28-án 12^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...335,5	6 40 18,917	18 43,5	—23 04	16 18	8 17,4	+22 11
336,5	6 44 15,479	18 47,9	22 59	16 18	9 20,7	19 16
337,5	6 48 12,037	18 52,3	22 54	16 18	10 19,9	15 10
338,5	6 52 08,592	18 56,7	22 48	16 18	11 15,1	10 17
339,5	6 56 05,144	19 01,1	22 42	16 18	12 06,8	+ 5 01
340,5	7 00 01,696	19 05,5	22 35	16 18	12 56,1	— 0 20
341,5	7 03 58,249	19 09,9	22 28	16 17	13 44,0	5 30
342,5	7 07 54,803	19 14,2	22 21	16 17	14 31,4	10 18
343,5	7 11 51,360	19 18,6	22 13	16 17	15 19,1	14 35
344,5	7 15 47,918	19 23,0	22 04	16 17	16 07,7	18 10
345,5	7 19 44,478	19 27,3	21 55	16 17	16 57,5	20 56
346,5	7 23 41,039	19 31,7	21 46	16 17	17 48,3	22 46
347,5	7 27 37,601	19 36,0	21 37	16 17	18 39,9	23 34
348,5	7 31 34,162	19 40,3	21 26	16 17	19 31,5	23 18
349,5	7 35 30,722	19 44,6	21 16	16 17	20 22,5	22 00
350,5	7 39 27,280	19 48,9	21 05	16 17	21 12,4	19 43
351,5	7 43 23,837	19 53,2	20 54	16 17	22 00,7	16 36
352,5	7 47 20,391	19 57,5	20 42	16 17	22 47,8	12 46
353,5	7 51 16,943	20 01,8	20 30	16 17	23 33,8	8 23
354,5	7 55 13,494	20 06,0	20 17	16 17	0 19,5	— 3 36
355,5	7 59 10,046	20 10,3	20 04	16 17	1 05,6	+ 1 26
356,5	8 03 06,597	20 14,5	19 51	16 17	1 53,0	6 31
357,5	8 07 03,151	20 18,7	19 38	16 17	2 42,8	11 27
358,5	8 10 59,708	20 22,9	19 24	16 16	3 36,0	15 59
359,5	8 14 56,268	20 27,1	19 09	16 16	4 33,3	19 46
360,5	8 18 52,831	20 31,3	18 54	16 16	5 34,7	22 25
361,5	8 22 49,395	20 35,4	18 39	16 16	6 39,5	23 36
362,5	8 26 45,959	20 39,6	18 24	16 16	7 45,6	23 03
363,5	8 30 42,521	20 43,7	18 08	16 16	8 50,9	20 49
364,5	8 34 39,079	20 47,8	17 52	16 16	9 53,2	17 07
365,5	8 38 35,633	20 51,9	—17 36	16 16	10 51,8	+12 22

Föld: 2-án 16^h54^m-kor napközben (KözEI)

I. FEBRUÁR

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)							
				Budapest					A HOLD fény-változásai		
				A NAP			A HOLD				
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik			
				h m	h m	h m	h m	h m	h m		
1	K	(5)	32	7 11	11 57	16 45	21 19	9 27			
2	Sz		33	7 10	11 58	16 46	22 33	9 51			
3	Cs		34	7 09	11 58	16 48	23 44	10 13			
4	P		35	7 08	11 58	16 49	—	10 37		(20 18	
5	Sz		36	7 06	11 58	16 51	0 52	11 01			
6	V	6	37	7 05	11 58	16 52	1 59	11 30			
7	H		38	7 03	11 58	16 54	3 04	12 03			
8	K		39	7 02	11 58	16 56	4 03	12 42			
9	Sz		40	7 00	11 58	16 57	4 58	13 27			
10	Cs		41	6 59	11 58	16 59	5 47	14 19			
11	P	7	42	6 57	11 58	17 00	6 27	15 18			
12	Sz		43	6 56	11 58	17 02	7 01	16 20			
13	V		44	6 54	11 58	17 03	7 30	17 24		● 01 33	
14	H		45	6 52	11 58	17 05	7 55	18 30			
15	K		46	6 51	11 58	17 07	8 17	19 36			
16	Sz		47	6 49	11 58	17 08	8 38	20 42			
17	Cs		48	6 48	11 58	17 10	8 58	21 50			
18	P		49	6 46	11 58	17 11	9 20	23 00			
19	Sz		50	6 44	11 58	17 13	9 44	—			
20	V		51	6 42	11 58	17 14	10 12	0 12		) 18 33
21	H	8	52	6 41	11 58	17 16	10 47	1 26			
22	K		53	6 39	11 57	17 17	11 30	2 38			
23	Sz		54	6 37	11 57	17 19	12 25	3 47			
24	Cs		55	6 35	11 57	17 21	13 31	4 50			
25	P		56	6 33	11 57	17 22	14 48	5 41			
26	Sz		57	6 32	11 57	17 24	16 10	6 22			
27	V		58	6 30	11 57	17 25	17 32	6 57		○ 09 59	
28	H		9	59	6 28	11 56	17 27	18 51	7 25		

Hold: 10-én 09^h-kor földtávolban
25-én 23^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő ($\lambda = 0^b$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...366,5	8 42 32,184	20 56,0	—17 19	16 16	11 46,8	+ 7 01
367,5	8 46 28,734	21 00,1	17 02	16 15	12 38,7	+ 1 27
368,5	8 50 25,285	21 04,2	16 45	16 15	13 28,6	— 3 59
369,5	8 54 21,836	21 08,2	16 27	16 15	14 17,4	9 04
370,5	8 58 18,390	21 12,3	16 10	16 15	15 05,9	13 36
371,5	9 02 14,945	21 16,3	15 51	16 15	15 54,9	17 25
372,5	9 06 11,503	21 20,3	15 33	16 15	16 44,6	20 26
373,5	9 10 08,061	21 24,3	15 14	16 14	17 35,3	22 29
374,5	9 14 04,620	21 28,3	14 55	16 14	18 26,7	23 32
375,5	9 18 01,179	21 32,3	14 36	16 14	19 18,2	23 31
376,5	9 21 57,737	21 36,2	14 17	16 14	20 09,4	22 27
377,5	9 25 54,293	21 40,2	13 57	16 14	20 59,6	20 23
378,5	9 29 50,848	21 44,1	13 37	16 14	21 48,6	17 25
379,5	9 33 47,400	21 48,0	13 17	16 13	22 36,2	13 41
380,5	9 37 43,950	21 52,0	12 57	16 13	23 22,7	9 22
381,5	9 41 40,499	21 55,8	12 36	16 13	0 08,5	— 4 37
382,5	9 45 37,047	21 59,7	12 15	16 13	0 54,4	+ 0 23
383,5	9 49 33,596	22 03,6	11 54	16 13	1 41,1	5 27
384,5	9 53 30,147	22 07,5	11 33	16 12	2 29,5	10 24
385,5	9 57 26,700	22 11,3	11 12	16 12	3 20,5	14 58
386,5	10 01 23,256	22 15,2	10 50	16 12	4 14,8	18 52
387,5	10 05 19,815	22 19,0	10 29	16 12	5 12,8	21 49
388,5	10 09 16,376	22 22,8	10 07	16 12	6 14,3	23 29
389,5	10 13 12,937	22 26,6	9 45	16 11	7 18,0	23 36
390,5	10 17 09,497	22 30,4	9 23	16 11	8 22,1	22 05
391,5	10 21 06,054	22 34,2	9 01	16 11	9 24,8	19 00
392,5	10 25 02,607	22 38,0	8 38	16 11	10 24,8	14 39
393,5	10 28 59,157	22 41,7	— 8 16	16 10	11 21,7	+ 9 27

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapestben					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(9)	60	6 26	11 56	17 28	20 08	7 50	
2	Sz		61	6 24	11 56	17 30	21 24	8 13	
3	Cs		62	6 22	11 56	17 31	22 35	8 37	
4	P		63	6 20	11 56	17 33	23 45	9 01	
5	Sz		64	6 18	11 55	17 34	—	9 29	
6	V		65	6 17	11 55	17 36	0 53	10 00	(14 17
7	H	10	66	6 15	11 55	17 37	1 56	10 38	
8	K		67	6 13	11 55	17 39	2 54	11 22	
9	Sz		68	6 11	11 54	17 40	3 44	12 11	
10	Cs		69	6 09	11 54	17 41	4 26	13 08	
11	P		70	6 07	11 54	17 43	5 03	14 10	
12	Sz		71	6 05	11 54	17 44	5 33	15 13	
13	V		72	6 03	11 53	17 46	5 59	16 19	
14	H	11	73	6 01	11 53	17 47	6 22	17 26	● 18 44
15	K		74	5 59	11 53	17 49	6 44	18 34	
16	Sz		75	5 57	11 53	17 50	7 04	19 42	
17	Cs		76	5 55	11 52	17 52	7 25	20 52	
18	P		77	5 53	11 52	17 53	7 48	22 04	
19	Sz		78	5 51	11 52	17 54	8 15	23 17	
20	V		79	5 49	11 51	17 56	8 46	—	
21	H	12	80	5 47	11 51	17 57	9 26	0 30	
22	K		81	5 45	11 51	17 59	10 15	1 40	▷ 3 26
23	Sz		82	5 43	11 51	18 00	11 16	2 42	
24	Cs		83	5 41	11 50	18 02	12 26	3 35	
25	P		84	5 39	11 50	18 03	13 44	4 19	
26	Sz		85	5 37	11 50	18 04	15 04	4 54	
27	V		86	5 35	11 49	18 06	16 23	5 24	
28	H	13	87	5 33	11 49	18 07	17 42	5 49	○ 20 28
29	K		88	5 31	11 49	18 09	18 58	6 13	
30	Sz		89	5 28	11 48	18 10	20 14	6 36	
31	Cs		90	5 26	11 48	18 12	21 26	7 00	

Hold: 10-én 0^h-kor földtávolban
25-én 23^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "		h m	° ' "
...394,5	10 32 55,705	22 45,5	— 7 53	16 10	12 15,7	+ 3 48
395,5	10 36 52,253	22 49,2	7 30	16 10	13 07,6	— 1 55
396,5	10 40 48,801	22 53,0	7 07	16 10	13 58,2	7 21
397,5	10 44 45,352	22 56,7	6 44	16 09	14 48,3	12 16
398,5	10 48 41,905	23 00,4	6 21	16 09	15 38,4	16 28
399,5	10 52 38,460	23 04,2	5 58	16 09	16 29,0	19 50
400,5	10 56 35,016	23 07,9	5 35	16 09	17 20,2	22 13
401,5	11 00 31,574	23 11,6	5 12	16 08	18 11,9	23 33
402,5	11 04 28,131	23 15,3	4 48	16 08	19 03,7	23 49
403,5	11 08 24,687	23 19,0	4 25	16 08	19 55,0	23 00
404,5	11 12 21,242	23 22,7	4 01	16 08	20 45,6	21 10
405,5	11 16 17,795	23 26,3	3 38	16 07	21 34,9	18 24
406,5	11 20 14,346	23 30,0	3 14	16 07	22 23,0	14 49
407,5	11 24 10,895	23 33,7	2 51	16 07	23 10,0	10 35
408,5	11 28 07,442	23 37,4	2 27	16 07	23 56,4	5 50
409,5	11 32 03,989	23 41,0	2 03	16 06	0 42,7	— 0 46
410,5	11 36 00,537	23 44,7	1 40	16 06	1 29,6	+ 4 25
411,5	11 39 57,085	23 48,3	1 16	16 06	2 18,0	9 29
412,5	11 43 53,636	23 52,0	0 52	16 06	3 08,5	14 12
413,5	11 47 50,191	23 55,6	0 28	16 05	4 01,8	18 18
414,5	11 51 46,747	23 59,3	— 0 05	16 05	4 58,3	21 29
415,5	11 55 43,306	0 02,9	+ 0 19	16 05	5 57,8	23 27
416,5	11 59 39,866	0 06,6	0 43	16 04	6 59,3	23 59
417,5	12 03 36,425	0 10,2	1 06	16 04	8 01,5	22 57
418,5	12 07 32,982	0 13,9	1 30	16 04	9 02,7	20 25
419,5	12 11 29,536	0 17,5	1 54	16 04	10 02,0	16 34
420,5	12 15 26,086	0 21,1	2 17	16 03	10 58,7	11 43
421,5	12 19 22,634	0 24,8	2 41	16 03	11 52,9	6 13
422,5	12 23 19,181	0 28,4	3 04	16 03	12 45,3	+ 0 28
423,5	12 27 15,729	0 32,0	3 28	16 03	13 36,6	— 5 13
424,5	12 31 12,278	0 35,7	+ 3 51	16 02	14 27,4	— 10 29

Föld: 21-én 5^h39^m-kor tavasz kezdete (KözEI)

I. ÁPRILIS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						
				Budapesten					A HOLD fény-változásai	
				A NAP			A HOLD			
				kel	dejel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	P	(13)	91	5 25	11 48	18 13	22 37	7 26	☾ 09 39	
2	Sz		92	5 23	11 48	18 14	23 43	7 57		
3	V		93	5 20	11 47	18 16	—	8 32		
4	H		94	5 18	11 47	18 17	0 45	9 13		
5	K		95	5 16	11 47	18 19	1 38	10 01		
6	Sz		96	5 14	11 46	18 20	2 25	10 56	● 08 59	
7	Cs		97	5 12	11 46	18 21	3 03	11 56		
8	P		98	5 10	11 46	18 23	3 35	12 59		
9	Sz		99	5 09	11 46	18 24	4 02	14 05		
10	V		100	5 07	11 45	18 26	4 26	15 11		
11	H	15	101	5 05	11 45	18 27	4 47	16 19	☾ 09 59	
12	K		102	5 03	11 44	18 28	5 08	17 28		
13	Sz		103	5 01	11 44	18 30	5 29	18 39		
14	Cs		104	4 59	11 44	18 31	5 52	19 52		
15	P		105	4 57	11 44	18 33	6 17	21 06		
16	Sz		106	4 55	11 44	18 34	6 47	22 21	☾ 09 59	
17	V		107	4 53	11 43	18 35	7 25	23 33		
18	H	16	108	4 51	11 43	18 37	8 11	—		
19	K		109	4 50	11 43	18 38	9 08	0 39		
20	Sz		110	4 48	11 43	18 40	10 14	1 34		
21	Cs		111	4 46	11 43	18 41	11 29	2 20	☾ 09 59	
22	P		112	4 44	11 42	18 42	12 46	2 56		
23	Sz		113	4 42	11 42	18 44	14 05	3 27		
24	V		114	4 40	11 42	18 45	15 21	3 52		
25	H	17	115	4 39	11 42	18 47	16 37	4 16		
26	K			116	4 37	11 42	18 48	17 52	4 38	○ 07 32
27	Sz			117	4 35	11 42	18 49	19 05	5 01	
28	Cs		118	4 33	11 41	18 51	20 18	5 25		
29	P		119	4 32	11 41	18 52	21 27	5 53		
30	Sz		120	4 30	11 41	18 54	22 32	6 27		

Hold: 6-án 19^h-kor földtávolban
21-én 9^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^a világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő (λ = 0 ^a -kor)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...425,5	12 35 08,830	0 39,3	+ 4 14	16 02	15 18,4	—15 08
426,5	12 39 05,384	0 43,0	4 37	16 02	16 09,9	18 56
427,5	12 43 01,940	0 46,6	5 00	16 01	17 02,0	21 45
428,5	12 46 58,498	0 50,3	5 23	16 01	17 54,5	23 30
429,5	12 50 55,055	0 53,9	5 46	16 01	18 47,0	24 07
430,5	12 54 51,612	0 57,6	6 09	16 01	19 39,0	23 38
431,5	12 58 48,168	1 01,2	6 32	16 00	20 29,9	22 05
432,5	13 02 44,722	1 04,9	6 54	16 00	21 19,6	19 34
433,5	13 06 41,274	1 08,5	7 17	16 00	22 07,9	16 12
434,5	13 10 37,824	1 12,2	7 39	15 59	22 55,1	12 07
435,5	13 14 34,373	1 15,9	8 01	15 59	23 41,7	7 28
436,5	13 18 30,920	1 19,6	8 24	15 59	0 28,2	— 2 24
437,5	13 22 27,468	1 23,2	8 45	15 59	1 15,3	+ 2 53
438,5	13 26 24,017	1 26,9	9 07	15 58	2 03,8	8 09
439,5	13 30 20,568	1 30,6	9 29	15 58	2 54,6	13 08
440,5	13 34 17,123	1 34,3	9 50	15 58	3 48,1	17 32
441,5	13 38 13,680	1 38,0	10 12	15 58	4 44,7	21 03
442,5	13 42 10,240	1 41,7	10 33	15 57	5 44,2	23 22
443,5	13 46 06,801	1 45,5	10 54	15 57	6 45,5	24 14
444,5	13 50 03,362	1 49,2	11 15	15 57	7 47,2	23 34
445,5	13 53 59,921	1 52,9	11 35	15 57	8 47,9	21 25
446,5	13 57 56,476	1 56,6	11 56	15 56	9 46,3	17 56
447,5	14 01 53,029	2 00,4	12 16	15 56	10 42,1	13 25
448,5	14 05 49,579	2 04,1	12 36	15 56	11 35,5	8 10
449,5	14 09 46,127	2 07,9	12 56	15 56	12 27,1	+ 2 33
450,5	14 13 42,676	2 11,7	13 15	15 55	13 17,7	— 3 08
451,5	14 17 39,226	2 15,4	13 35	15 55	14 08,0	8 35
452,5	14 21 35,779	2 19,2	13 54	15 55	14 58,6	13 31
453,5	14 25 32,334	2 23,0	14 13	15 55	15 50,1	17 43
454,5	14 29 28,892	2 26,8	14 32	15 54	16 42,4	—21 00

I. MÁJUS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai	
				Budapest							
				A NAP			A HOLD				
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik			
				h m	h m	h m	h m	h m	h m		
1	V	(17) 18	121	4 28	11 41	18 55	23 30	7 05	☾ 04 44		
2	H		122	4 27	11 41	18 56	—	7 51			
3	K		123	4 25	11 41	18 58	0 20	8 44			
4	Sz		124	4 24	11 41	18 59	1 02	9 42			
5	Cs		125	4 22	11 41	19 00	1 36	10 44			
6	P		126	4 21	11 40	19 02	2 05	11 49		● 20 26	
7	Sz		127	4 19	11 40	19 03	2 30	12 55			
8	V		128	4 18	11 40	19 05	2 51	14 02			
9	H	19	129	4 16	11 40	19 06	3 12	15 09			
10	K		130	4 15	11 40	19 07	3 33	16 19			
11	Sz		131	4 13	11 40	19 09	3 54	17 32	☾ 15 18		
12	Cs		132	4 12	11 40	19 10	4 18	18 48			
13	P		133	4 11	11 40	19 11	4 46	20 04			
14	Sz		134	4 09	11 40	19 12	5 21	21 20			
15	V		135	4 08	11 40	19 14	6 05	22 30			
16	H	20	136	4 07	11 40	19 15	6 59	23 31	☾ 15 18		
17	K			137	4 06	11 40	19 16	8 04		—	
18	Sz			138	4 04	11 40	19 17	9 17		0 21	
19	Cs			139	4 03	11 40	19 19	10 35		1 00	
20	P			140	4 02	11 40	19 20	11 52		1 32	
21	Sz		141	4 01	11 40	19 21	13 09	1 58		○ 19 49	
22	V		142	4 00	11 40	19 22	14 23	2 22			
23	H	21	143	3 59	11 40	19 23	15 37	2 43			
24	K			144	3 58	11 41	19 25	16 49			3 05
25	Sz			145	3 57	11 41	19 26	18 00			3 28
26	Cs			146	3 56	11 41	19 27	19 11	3 54		
27	P		147	3 55	11 41	19 28	20 18	4 24	○ 19 49		
28	Sz		148	3 54	11 41	19 29	21 20	5 01			
29	V		149	3 53	11 41	19 30	22 14	5 43			
30	H	22	150	3 53	11 41	19 31	22 59	6 34			
31	K			151	3 52	11 41	19 32	23 37		7 30	

Hold: 4-én 14^h-kor földtávolban
16-án 17^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^b világiidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő (λ = 0 ^b -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látásó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	" "	h m	° ' "
...455,5	14 33 25,451	2 30,6	+14 50	15 54	17 35,5	—23 11
456,5	14 37 22,010	2 34,4	15 08	15 54	18 28,8	24 14
457,5	14 41 18,570	2 38,3	15 26	15 54	19 21,5	24 08
458,5	14 45 15,128	2 42,1	15 44	15 53	20 13,2	22 56
459,5	14 49 11,685	2 45,9	16 01	15 53	21 03,3	20 43
460,5	14 53 08,240	2 49,8	16 19	15 53	21 51,9	17 38
461,5	14 57 04,792	2 53,7	16 36	15 53	22 39,1	13 47
462,5	15 01 01,343	2 57,5	16 52	15 52	23 25,4	9 19
463,5	15 04 57,893	3 01,4	17 09	15 52	0 11,5	— 4 22
464,5	15 08 54,443	3 05,3	17 25	15 52	0 58,1	+ 0 53
465,5	15 12 50,994	3 09,2	17 41	15 52	1 46,2	6 14
466,5	15 16 47,546	3 13,1	17 56	15 52	2 36,5	11 26
467,5	15 20 44,102	3 17,0	18 11	15 51	3 29,8	16 12
468,5	15 24 40,661	3 21,0	18 26	15 51	4 26,7	20 09
469,5	15 28 37,223	3 24,9	18 41	15 51	5 26,8	22 57
470,5	15 32 33,787	3 28,9	18 55	15 51	6 29,3	24 18
471,5	15 36 30,351	3 32,8	19 09	15 50	7 32,5	24 02
472,5	15 40 26,912	3 36,8	19 23	15 50	8 34,4	22 12
473,5	15 44 23,471	3 40,8	19 36	15 50	9 33,7	18 58
474,5	15 48 20,027	3 44,8	19 49	15 50	10 29,9	14 40
475,5	15 52 16,579	3 48,8	20 01	15 50	11 23,2	9 37
476,5	15 56 13,130	3 52,8	20 14	15 50	12 14,2	+ 4 08
477,5	16 00 09,681	3 56,8	20 26	15 49	13 03,8	— 1 28
478,5	16 04 06,233	4 00,8	20 37	15 49	13 53,0	6 56
479,5	16 08 02,787	4 04,8	20 48	15 49	14 42,6	12 00
480,5	16 11 59,343	4 08,9	20 59	15 49	15 33,0	16 26
481,5	16 15 55,902	4 12,9	21 10	15 49	16 24,7	20 02
482,5	16 19 52,463	4 17,0	21 20	15 49	17 17,5	22 38
483,5	16 23 49,025	4 21,0	21 30	15 48	18 10,9	24 06
484,5	16 27 45,587	4 25,1	21 39	15 48	19 04,1	24 24
485,5	16 31 42,147	4 29,2	+21 48	15 48	19 56,5	—23 33

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(22)	152	3 51	11 41	19 33	—	8 31		
2	Cs		153	3 51	11 42	19 35	0 07	9 34		
3	P		154	3 50	11 42	19 35	0 33	10 39	(22 08	
4	Sz		155	3 50	11 42	19 35	0 56	11 45		
5	V		156	3 49	11 42	19 36	1 16	12 52		
6	H	23	157	3 49	11 42	19 37	1 35	14 00		
7	K		158	3 48	11 42	19 38	1 56	15 09		
8	Sz		159	3 48	11 43	19 39	2 18	16 23		
9	Cs		160	3 47	11 43	19 39	2 44	17 40		
10	P		161	3 47	11 43	19 40	3 16	18 57		
11	Sz		162	3 47	11 43	19 41	3 55	20 12	● 05 38	
12	V		163	3 47	11 43	19 41	4 47	21 20		
13	H	24	164	3 46	11 44	19 42	5 50	22 16		
14	K		165	3 46	11 44	19 42	7 02	23 00		
15	Sz		166	3 46	11 44	19 43	8 21	23 35		
16	Cs		167	3 46	11 44	19 43	9 41	—		
17	P		168	3 46	11 45	19 44	10 58	0 04	⋈ 20 47	
18	Sz		169	3 46	11 45	19 44	12 13	0 28		
19	V		170	3 46	11 45	19 44	13 27	0 50		
20	H	25	171	3 46	11 45	19 45	14 38	1 11		
21	K		172	3 46	11 45	19 45	15 50	1 33		
22	Sz		173	3 47	11 46	19 45	16 59	1 58		
23	Cs		174	3 47	11 46	19 45	18 07	2 26		
24	P		175	3 47	11 46	19 45	19 11	2 59		
25	Sz		176	3 47	11 46	19 45	20 07	3 39	○ 09 33	
26	V		177	3 48	11 46	19 46	20 56	4 27		
27	H	26	178	3 48	11 47	19 45	21 36	5 20		
28	K		179	3 49	11 47	19 45	22 09	6 21		
29	Sz		180	3 49	11 47	19 45	22 37	7 24		
30	Cs		181	3 50	11 47	19 45	22 59	8 28		

Hold: 1-én 09^h-kor földtávolban
 13-án 07^h-kor földközélnél
 29-én 00^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\text{h}}$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...486,5	16 35 38,707	4 33,2	+21 57	15 48	20 47,3	—21 40
487,5	16 39 35,264	4 37,3	22 05	15 48	21 36,4	18 51
488,5	16 43 31,820	4 41,4	22 13	15 48	22 23,7	15 15
489,5	16 47 28,373	4 45,5	22 20	15 48	23 09,7	11 01
490,5	16 51 24,925	4 49,7	22 27	15 47	23 55,2	6 17
491,5	16 55 21,477	4 53,8	22 34	15 47	0 40,7	— 1 11
492,5	16 59 18,029	4 57,9	22 40	15 47	1 27,4	+ 4 05
493,5	17 03 14,582	5 02,0	22 46	15 47	2 16,2	9 21
494,5	17 07 11,139	5 06,2	22 52	15 47	3 08,0	14 20
495,5	17 11 07,698	5 10,3	22 57	15 47	4 03,7	18 41
496,5	17 15 04,261	5 14,4	23 02	15 47	5 03,4	22 03
497,5	17 19 00,826	5 18,6	23 06	15 47	6 06,6	24 02
498,5	17 22 57,392	5 22,7	23 10	15 46	7 11,4	24 21
499,5	17 26 53,956	5 26,9	23 13	15 46	8 15,8	22 58
500,5	17 30 50,518	5 31,0	23 16	15 46	9 17,8	20 02
501,5	17 34 47,076	5 35,2	23 19	15 46	10 16,2	15 53
502,5	17 38 43,631	5 39,4	23 21	15 46	11 11,0	10 54
503,5	17 42 40,183	5 43,5	23 23	15 46	12 02,9	+ 5 27
504,5	17 46 36,735	5 47,7	23 25	15 46	12 52,7	— 0 10
505,5	17 50 33,288	5 51,8	23 26	15 46	13 41,6	5 39
506,5	17 54 29,842	5 56,0	23 26	15 46	14 30,3	10 46
507,5	17 58 26,399	6 00,1	23 27	15 46	15 19,8	15 20
508,5	18 02 22,958	6 04,3	23 26	15 46	16 10,4	19 08
509,5	18 06 19,519	6 08,5	23 26	15 46	17 02,4	22 00
510,5	18 10 16,081	6 12,6	23 25	15 46	17 55,2	23 47
511,5	18 14 12,643	6 16,8	23 23	15 46	18 48,4	24 26
512,5	18 18 09,205	6 20,9	23 21	15 46	19 41,1	23 55
513,5	18 22 05,766	6 25,1	23 19	15 46	20 32,5	22 19
514,5	18 26 02,324	6 29,2	23 16	15 45	21 22,0	19 46
515,5	18 29 58,880	6 33,4	+23 13	15 45	22 09,7	—16 23

Föld: 22-én 0^h09^m-kor nyár kezdete (KözEI)

I. JÚLIUS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözE1)						A HOLD fény- változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	P	(26)	182	3 50	11 47	19 45	23 21	9 32	☾ 13 13	
2	Sz		183	3 51	11 48	19 45	23 40	10 37		
3	V		184	3 51	11 48	19 45	23 59	11 43		
4	H		185	3 52	11 48	19 44	—	12 51		
5	K		186	3 53	11 48	19 44	0 20	14 01		
6	Sz		187	3 54	11 48	19 43	0 43	15 14	● 13 19	
7	Cs	188	3 54	11 49	19 43	1 11	16 30			
8	P	189	3 55	11 49	19 42	1 46	17 47			
9	Sz	190	3 56	11 49	19 42	2 31	18 59			
10	V	191	3 57	11 49	19 41	3 29	20 02			
11	H	28	192	3 58	11 49	19 41	4 39	20 53	☾ 03 51	
12	K		193	3 59	11 49	19 40	5 58	21 33		
13	Sz		194	4 00	11 49	19 40	7 20	22 04		
14	Cs		195	4 01	11 50	19 39	8 42	22 31		
15	P		196	4 02	11 50	19 38	10 00	22 55		
16	Sz		197	4 02	11 50	19 37	11 15	23 16	☾ 03 51	
17	V	198	4 03	11 50	19 37	12 29	23 38			
18	H	29	199	4 04	11 50	19 36	13 40	—		
19	K		200	4 06	11 50	19 35	14 51	0 02		
20	Sz		201	4 07	11 50	19 34	15 59	0 29		
21	Cs		202	4 08	11 50	19 33	17 03	1 00	○ 00 28	
22	P	203	4 09	11 50	19 31	18 02	1 38			
23	Sz	204	4 10	11 50	19 30	18 53	2 23			
24	V	205	4 11	11 50	19 29	19 35	3 15			
25	H	30	206	4 12	11 50	19 28	20 10	4 12		
26	K		207	4 14	11 50	19 27	20 40	5 14		
27	Sz	208	4 15	11 50	19 26	21 03	6 19			
28	Cs	209	4 16	11 50	19 25	21 25	7 23			
29	P	210	4 17	11 50	19 23	21 44	8 28			
30	Sz	211	4 18	11 50	19 22	22 04	9 33			
31	V		212	4 20	11 50	19 21	22 23	10 38		

Hold: 11-én 11^h-kor földközeli
26-án 08^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^a világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\text{h}}$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...516,5	18 33 55,435	6 37,5	+23 10	15 45	22 55,8	—12 21
517,5	18 37 51,988	6 41,6	23 06	15 45	23 40,8	7 48
518,5	18 41 48,539	6 45,8	23 01	15 45	0 25,5	— 2 54
519,5	18 45 45,091	6 49,9	22 57	15 45	1 10,7	+ 2 14
520,5	18 49 41,644	6 54,0	22 52	15 45	1 57,6	7 24
521,5	18 53 38,199	6 58,1	22 46	15 45	2 47,0	12 25
522,5	18 57 34,757	7 02,3	22 40	15 45	3 40,0	16 59
523,5	19 01 31,318	7 06,4	22 34	15 45	4 37,4	20 46
524,5	19 05 27,882	7 10,5	22 27	15 45	5 39,0	23 22
525,5	19 09 24,448	7 14,6	22 20	15 45	6 43,9	24 25
526,5	19 13 21,013	7 18,6	22 13	15 45	7 49,9	23 43
527,5	19 17 17,576	7 22,7	22 05	15 45	8 54,6	21 17
528,5	19 21 14,135	7 26,8	21 57	15 45	9 56,3	17 24
529,5	19 25 10,690	7 30,9	21 48	15 46	10 54,1	12 29
530,5	19 29 07,243	7 34,9	21 39	15 46	11 48,3	6 58
531,5	19 33 03,794	7 39,0	21 30	15 46	12 39,9	+ 1 14
532,5	19 37 00,346	7 43,0	21 20	15 46	13 29,7	— 4 24
533,5	19 40 56,899	7 47,0	21 10	15 46	14 18,9	9 41
534,5	19 44 53,454	7 51,1	20 59	15 46	15 08,3	14 24
535,5	19 48 50,012	7 55,1	20 49	15 46	15 58,4	18 22
536,5	19 52 46,571	7 59,1	20 38	15 46	16 49,7	21 26
537,5	19 56 43,132	8 03,1	20 26	15 46	17 42,0	23 28
538,5	20 00 39,693	8 07,1	20 14	15 46	18 34,8	24 23
539,5	20 04 36,254	8 11,0	20 02	15 46	19 27,4	24 09
540,5	20 08 32,813	8 15,0	19 50	15 46	20 19,0	22 49
541,5	20 12 29,371	8 18,9	19 37	15 46	21 09,0	20 29
542,5	20 16 25,926	8 22,9	19 24	15 46	21 57,2	17 17
543,5	20 20 22,480	8 26,8	19 10	15 47	22 43,7	13 23
544,5	20 24 19,031	8 30,8	18 56	15 47	23 28,7	8 58
545,5	20 28 15,582	8 34,7	18 42	15 47	0 13,0	— 4 10
546,5	20 32 12,132	8 38,6	+18 28	15 47	0 57,4	+ 0 52

Föld: 6-án 10^h 54^m-kor naptávolban (KözEl)

I. AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	H	31	213	4 21	11 50	19 19	22 45	11 46	(01 53	
2	K		214	4 22	11 50	19 18	23 09	12 56		
3	Sz		215	4 23	11 50	19 17	23 40	14 08		
4	Cs		216	4 25	11 50	19 15	—	15 23		
5	P		217	4 26	11 50	19 14	0 19	16 36		
6	Sz	32	218	4 27	11 50	19 12	1 09	17 42	● 20 19	
7	V		219	4 28	11 50	19 10	2 13	18 39		
8	H		220	4 30	11 49	19 09	3 28	19 25		
9	K		221	4 31	11 49	19 07	4 51	20 01		
10	Sz		222	4 32	11 49	19 06	6 15	20 30		
11	Cs	33	223	4 34	11 49	19 04	7 38	20 56) 13 48	
12	P		224	4 35	11 49	19 02	8 57	21 19		
13	Sz		225	4 36	11 49	19 01	10 14	21 41		
14	V		226	4 38	11 49	18 59	11 29	22 06		
15	H		227	4 39	11 48	18 57	12 41	22 31		
16	K	34	228	4 40	11 48	18 56	13 51	23 01	○ 16 00	
17	Sz		229	4 42	11 48	18 54	14 57	23 37		
18	Cs		230	4 43	11 48	18 52	15 58	—		
19	P		231	4 44	11 48	18 50	16 50	0 20		
20	Sz		232	4 46	11 47	18 49	17 36	1 09		
21	V	35	233	4 47	11 47	18 47	18 13	2 06	(12 23	
22	H		234	4 48	11 47	18 45	18 43	3 07		
23	K		235	4 50	11 47	18 43	19 09	4 10		
24	Sz		236	4 51	11 46	18 41	19 31	5 15		
25	Cs		237	4 52	11 46	18 39	19 51	6 20		
26	P	35	238	4 54	11 46	18 38	20 09	7 25		
27	Sz		239	4 55	11 45	18 36	20 29	8 30		
28	V		240	4 56	11 45	18 34	20 48	9 38		
29	H		241	4 58	11 45	18 32	21 11	10 45		
30	K		242	4 59	11 45	18 30	21 39	11 56		
31	Sz		243	5 00	11 44	18 28	22 13	13 08		

Hold: 8-án 21^a-kor földközélen
22-én 11^a-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^o világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő (λ = 0 ^o -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...547,5	20 36 08,683	8 42,5	+ 18 13	15 47	1 42,8	+ 5 57
548,5	20 40 05,235	8 46,4	17 58	15 47	2 30,1	10 56
549,5	20 44 01,790	8 50,2	17 43	15 47	3 20,4	15 33
550,5	20 47 58,348	8 54,1	17 27	15 47	4 14,6	19 32
551,5	20 51 54,909	8 57,9	17 11	15 47	5 13,0	22 34
552,5	20 55 51,472	9 01,8	16 55	15 48	6 15,5	24 14
553,5	20 59 48,035	9 05,6	16 39	15 48	7 20,6	24 17
554,5	21 03 44,597	9 09,5	16 22	15 48	8 26,1	22 34
555,5	21 07 41,156	9 13,3	16 05	15 48	9 29,8	19 12
556,5	21 11 37,711	9 17,1	15 48	15 48	10 34,0	14 32
557,5	21 15 34,262	9 20,9	15 30	15 48	11 27,6	9 02
558,5	21 19 30,812	9 24,7	15 13	15 48	12 21,7	+ 3 07
559,5	21 23 27,361	9 28,4	14 55	15 49	13 13,6	- 2 47
560,5	21 27 23,911	9 32,2	14 36	15 49	14 04,3	8 22
561,5	21 31 20,464	9 36,0	14 18	15 49	14 54,7	13 22
562,5	21 35 17,019	9 39,7	13 59	15 49	15 45,5	17 37
563,5	21 39 13,576	9 43,5	13 40	15 49	16 37,0	20 56
564,5	21 43 10,135	9 47,2	13 21	15 49	17 29,3	23 13
565,5	21 47 06,694	9 50,9	13 02	15 50	18 22,0	24 23
566,5	21 51 03,253	9 54,6	12 43	14 50	19 14,6	24 24
567,5	21 54 59,810	9 58,3	12 23	15 50	20 06,3	23 17
568,5	21 58 56,366	10 02,0	12 03	15 50	20 56,7	21 10
569,5	22 02 52,920	10 05,7	11 43	15 50	21 45,3	18 08
570,5	22 06 49,471	10 09,4	11 23	15 51	22 32,2	14 21
571,5	23 10 46,021	10 13,1	11 02	15 51	23 17,6	9 59
572,5	22 14 42,570	10 16,8	10 41	15 51	0 02,1	5 13
573,5	22 18 39,118	10 20,4	10 21	15 51	0 46,4	- 0 12
574,5	22 22 35,666	10 24,1	10 00	15 51	1 31,2	+ 4 54
575,5	22 26 32,216	10 27,7	9 39	15 52	2 17,5	9 53
576,5	22 30 28,768	10 31,4	9 17	15 52	3 06,0	14 33
577,5	22 34 25,322	10 35,0	+ 8 56	15 52	3 57,8	+ 18 40

I. SZEPTEMBER

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEÜ)						A HOLD fény-változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(35)	244	5 02	11 44	18 26	22 57	14 20		
2	P		245	5 03	11 44	18 24	23 52	15 27		
3	Sz		246	5 04	11 43	18 22	—	16 27		
4	V		247	5 06	11 43	18 20	1 00	17 15		
5	H		248	5 07	11 43	18 18	2 19	17 55		
6	K	36	249	5 08	11 42	18 16	3 42	18 27		
7	Sz		250	5 10	11 42	18 14	5 07	18 55	● 3 36	
8	Cs		251	5 11	11 42	18 12	6 30	19 19		
9	P		252	5 12	11 41	18 10	7 50	19 42		
10	Sz		253	5 14	11 41	18 08	9 09	20 05		
11	V	37	254	5 15	11 41	18 06	10 24	20 30		
12	H		255	5 16	11 40	18 04	11 37	21 00		
13	K		256	5 18	11 40	18 02	12 48	21 34		
14	Sz		257	5 19	11 40	18 00	13 51	22 15	) 3 25
15	Cs		258	5 20	11 39	17 58	14 47	23 03		
16	P	38	259	5 22	11 39	17 56	15 35	23 57		
17	Sz		260	5 23	11 38	17 54	16 15	—		
18	V		261	5 24	11 38	17 52	16 47	0 57		
19	H		262	5 26	11 38	17 50	17 14	2 01		
20	K		263	5 27	11 37	17 47	17 37	3 06		
21	Sz	39	264	5 28	11 37	17 45	17 56	4 11		
22	Cs		265	5 30	11 37	17 43	18 16	5 17	○ 7 37	
23	P		266	5 31	11 36	17 41	18 34	6 22		
24	Sz		267	5 32	11 36	17 39	18 54	7 29		
25	V		268	5 34	11 36	17 37	19 16	8 38		
26	H	39	269	5 35	11 35	17 35	19 41	9 47		
27	K		270	5 36	11 35	17 33	20 12	10 59		
28	Sz		271	5 38	11 35	17 31	20 52	12 11		
29	Cs		272	5 39	11 34	17 29	21 42	13 19	(21 06	
30	P		273	5 40	11 34	17 27	22 43	14 19		

Hold: 6-án 6^h-kor földközélen
18-án 18^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^a világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő (λ = 0 ^a -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	" "	h m	° '
...578,5	22 38 21,880	10 38,6	+ 8 34	15 52	4 53,3	+21 55
579,5	22 42 18,440	10 42,3	8 13	15 53	5 52,6	24 00
580,5	22 46 15,001	10 45,9	7 51	15 53	6 55,0	24 38
591,5	22 50 11,561	10 49,5	7 29	15 53	7 58,8	23 37
582,5	22 54 08,119	10 53,1	7 07	15 53	9 02,2	20 55
583,5	22 58 04,674	10 56,7	6 44	15 53	10 03,7	16 46
584,5	23 02 01,225	11 00,3	6 22	15 54	11 02,3	11 31
585,5	23 05 57,773	11 04,0	6 00	15 54	11 58,3	+ 5 37
586,5	23 09 54,320	11 07,6	5 37	15 54	12 52,1	— 0 30
587,5	23 13 50,868	11 11,2	5 14	15 54	13 44,5	6 27
588,5	23 17 47,418	11 14,7	4 52	15 55	14 36,5	11 53
589,5	23 21 43,971	11 18,3	4 29	15 55	15 28,5	16 34
590,5	23 25 40,526	11 21,9	4 06	15 55	16 21,1	20 17
591,5	23 29 37,083	11 25,5	3 43	15 55	17 14,2	22 56
592,5	23 33 33,641	11 29,1	3 20	15 56	18 07,6	24 25
593,5	23 37 30,198	11 32,7	2 57	15 56	19 00,7	24 43
594,5	23 41 26,755	11 36,3	2 34	15 56	19 52,9	23 52
595,5	23 45 23,310	11 39,9	2 11	15 56	20 43,7	21 57
596,5	23 49 19,863	11 43,5	1 48	15 57	21 32,7	19 06
597,5	23 53 16,414	11 47,0	1 24	15 57	22 20,1	15 27
598,5	23 57 12,963	11 50,6	1 01	15 57	23 05,9	11 10
599,5	0 01 09,510	11 54,2	0 38	15 58	23 50,8	6 25
600,5	0 05 06,057	11 57,8	+ 0 14	15 58	0 35,3	— 1 22
601,5	0 09 02,604	12 01,4	— 0 09	15 58	1 20,2	+ 3 49
602,5	0 12 59,153	12 05,0	0 32	15 58	2 06,3	8 55
603,5	0 16 55,703	12 08,6	0 56	15 59	2 54,4	13 44
604,5	0 20 52,256	12 12,2	1 19	15 59	3 45,2	18 00
605,5	0 24 48,812	12 15,8	1 43	15 59	4 39,3	21 28
606,5	0 28 45,371	12 19,4	2 06	15 59	5 36,7	23 51
607,5	0 32 41,931	12 23,0	— 2 29	16 00	6 36,8	+24 52

Föld: 23-án 15^h 42^m-kor ősz kezdete (KözE1)

I. OKTÓBER

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapest						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(39)	274	5 42	11 34	17 25	23 55	15 10		
2	V		275	5 43	11 33	17 23	—	15 51		
3	H	40	276	5 45	11 33	17 21	1 15	16 26		
4	K		277	5 46	11 33	17 19	2 37	16 53		
5	Sz		278	5 47	11 32	17 17	4 00	17 18		
6	Cs		279	5 49	11 32	17 15	5 21	17 41	● 12 17	
7	P		280	5 50	11 32	17 13	6 42	18 04		
8	Sz		281	5 52	11 31	17 11	8 00	18 29		
9	V		282	5 53	11 31	17 09	9 16	18 57		
10	H	41	283	5 55	11 31	17 07	10 30	19 29		
11	K		284	5 56	11 31	17 05	11 38	20 08		
12	Sz		285	5 57	11 30	17 03	12 40	20 54		
13	Cs		286	5 59	11 30	17 01	13 32	21 47	☾ 20 43	
14	P		287	6 00	11 30	17 00	14 15	22 46		
15	Sz		288	6 02	11 30	16 58	14 49	23 49		
16	V		289	6 03	11 29	16 56	15 17	—		
17	H	42	290	6 05	11 29	16 54	15 41	0 53		
18	K		291	6 06	11 29	16 52	16 02	1 58		
19	Sz		292	6 07	11 29	16 50	16 21	3 04		
20	Cs		293	6 09	11 29	16 48	16 40	4 10		
21	P		294	6 10	11 29	16 47	16 59	5 17	○ 22 54	
22	Sz		295	6 12	11 28	16 45	17 20	6 27		
23	V		296	6 13	11 28	16 43	17 43	7 38		
24	H	43	297	6 15	11 28	16 41	18 13	8 50		
25	K		298	6 16	11 28	16 40	18 50	10 03		
26	Sz		299	6 18	11 28	16 38	19 37	11 12		
27	Cs		300	6 19	11 28	16 36	20 34	12 16		
28	P		301	6 21	11 28	16 34	21 42	13 10		
29	Sz		302	6 22	11 28	16 33	22 58	13 53	☾ 04 38	
30	V		303	6 24	11 28	16 31	—	14 27		
31	H	44	304	6 25	11 28	16 30	0 17	14 57		

Hold: 4-én 12^h-kor földközélen
16-án 9^h-kor földtávolban

HÓNAP

0^h világidőkor

Julián dátum 2445...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...608,5	0 36 38,490	12 26,6	— 2 53	16 00	7 38,5	+ 24 21
609,5	0 40 35,049	12 30,2	3 16	16 00	8 40,2	22 15
610,5	0 44 31,604	12 33,9	3 39	16 00	9 40,5	18 40
611,5	0 48 28,156	12 37,5	4 02	16 01	10 38,6	13 53
612,5	0 52 24,704	12 41,1	4 25	16 01	11 34,6	8 14
613,5	0 56 21,252	12 44,8	4 49	16 01	12 28,6	+ 2 09
614,5	1 00 17,799	12 48,4	5 12	16 02	13 21,6	— 4 00
615,5	1 04 14,348	12 52,1	5 35	16 02	14 14,3	9 48
616,5	1 08 10,900	12 55,7	5 58	16 02	15 07,2	14 58
617,5	1 12 07,455	12 59,4	6 20	16 02	16 00,8	19 13
618,5	1 16 04,012	13 03,1	6 43	16 03	16 55,1	22 22
619,5	1 20 00,570	13 06,8	7 06	16 03	17 49,7	24 18
620,5	1 23 57,129	13 10,4	7 28	16 03	18 44,0	25 00
621,5	1 27 53,687	13 14,1	7 51	16 04	19 37,3	24 29
622,5	1 31 50,243	13 17,8	8 13	16 04	20 28,9	22 51
623,5	1 35 46,797	13 21,6	8 35	16 04	21 18,5	20 14
624,5	1 39 43,350	13 25,3	8 58	16 04	22 06,3	16 47
625,5	1 43 39,900	13 29,0	9 20	16 05	22 52,5	12 38
626,5	1 47 36,449	13 32,8	9 41	16 05	23 37,6	7 58
627,5	1 51 32,997	13 36,5	10 03	16 05	0 22,2	— 2 55
628,5	1 55 29,545	13 40,3	10 25	16 05	1 07,2	+ 2 20
629,5	1 59 26,094	13 44,1	10 46	16 06	1 53,4	7 35
630,5	2 03 22,645	13 47,8	11 07	16 06	2 41,5	12 37
631,5	2 07 19,199	13 51,7	11 28	16 06	3 32,3	17 09
632,5	2 11 15,756	13 55,5	11 49	16 07	4 26,3	20 56
633,5	2 15 12,316	13 59,3	12 10	16 07	5 23,4	23 38
634,5	2 19 08,877	14 03,1	12 31	16 07	6 23,1	24 59
635,5	2 23 05,438	14 07,0	12 51	16 07	7 24,1	24 50
636,5	2 27 01,998	14 10,8	13 11	16 08	8 25,0	23 08
637,5	2 30 58,556	14 14,7	13 31	16 08	9 24,2	19 59
638,5	2 34 55,110	14 18,6	—13 51	16 08	10 21,3	+ 15 37

I. NOVEMBER

Dátum	A hét napjal	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	K	(44)	305	6 27	11 28	16 28	1 38	15 21	● 23 22	
2	Sz		306	6 28	11 28	16 27	2 57	15 43		
3	Cs		307	6 30	11 28	16 25	4 15	16 05		
4	P		308	6 31	11 28	16 23	5 34	16 28		
5	Sz		309	6 33	11 28	16 22	6 51	16 54		
6	V	45	310	6 34	11 28	16 21	8 08	17 24		
7	H		311	6 36	11 28	16 19	9 20	18 00		
8	K		312	6 38	11 28	16 18	10 27	18 43		
9	Sz		313	6 39	11 28	16 16	11 24	19 34		
10	Cs		314	6 40	11 28	16 15	12 11	20 31		
11	P	46	315	6 42	11 28	16 14	12 49	21 34	☾ 16 50	
12	Sz		316	6 44	11 28	16 12	13 20	22 39		
13	V		317	6 45	11 28	16 11	13 45	23 43		
14	H		318	6 47	11 28	16 10	14 07	—		
15	K		319	6 48	11 28	16 09	14 27	0 48		
16	Sz		320	6 49	11 29	16 08	14 44	1 54	○ 13 30	
17	Cs		321	6 51	11 29	16 07	15 03	3 00		
18	P		322	6 52	11 29	16 06	15 23	4 09		
19	Sz		323	6 54	11 29	16 05	15 46	5 20		
20	V		324	6 55	11 29	16 04	16 14	6 33		
21	H	47	325	6 57	11 30	16 03	16 47	7 48		
22	K		326	6 58	11 30	16 02	17 31	9 02		
23	Sz		327	7 00	11 30	16 01	18 26	10 09		
24	Cs		328	7 01	11 30	16 00	19 32	11 07		
25	P		329	7 02	11 31	15 59	20 47	11 55		
26	Sz	48	330	7 04	11 31	15 59	22 05	12 32	☾ 11 51	
27	V		331	7 05	11 31	15 58	23 24	13 01		
28	H		332	7 07	11 32	15 57	—	13 27		
29	K		333	7 08	11 32	15 57	0 43	13 49		
30	Sz		334	7 09	11 32	15 56	1 59	14 09		

Hold: 1-én 3^a-kor földközélnben
13-án 4^a-kor földtávolban
26-án 4^a-kor földközélnben

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián datum 2445...	Csillagidő (λ = 0 ^b -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...639,5	2 38 51,662	14 22,5	—14 10	16 08	11 16,1	+10 20
640,5	2 42 48,211	14 26,4	14 30	16 09	12 09,1	+ 4 30
641,5	2 46 44,760	14 30,3	14 49	16 09	13 01,0	— 1 34
642,5	2 50 41,311	14 34,3	15 08	16 09	13 52,8	7 30
643,5	2 54 37,863	14 38,2	15 26	16 09	14 45,2	12 59
644,5	2 58 34,419	14 42,2	15 44	16 10	15 38,7	17 41
645,5	3 02 30,978	14 46,2	16 03	16 10	16 33,3	21 22
646,5	3 06 27,538	14 50,2	16 20	16 10	17 28,7	23 51
647,5	3 10 24,099	14 54,2	16 38	16 10	18 24,1	25 04
648,5	3 14 20,660	14 58,2	16 55	16 11	19 18,8	24 59
649,5	3 18 17,219	15 02,2	17 12	16 11	20 11,7	23 43
650,5	3 22 13,777	15 06,3	17 29	16 11	21 02,4	21 23
651,5	3 26 10,332	15 10,3	17 45	16 11	21 50,9	18 10
652,5	3 30 06,886	15 14,4	18 01	16 11	22 37,4	14 14
653,5	3 34 03,438	15 18,5	18 17	16 12	23 22,5	9 44
654,5	3 37 59,988	15 22,6	18 32	16 12	0 07,0	— 4 48
655,5	3 41 56,539	15 26,7	18 47	16 12	0 51,6	+ 0 25
656,5	3 45 53,090	15 30,9	19 02	16 12	1 37,2	5 43
657,5	3 49 49,643	15 35,0	19 16	16 13	2 24,8	10 55
658,5	3 53 46,199	15 39,2	19 31	16 13	3 15,3	15 45
659,5	3 57 42,757	15 43,4	19 44	16 13	4 09,2	19 54
660,5	4 01 39,319	15 47,5	19 58	16 13	5 06,7	23 03
661,5	4 05 35,883	15 51,7	20 11	16 13	6 07,2	24 52
662,5	4 09 32,447	15 56,0	20 23	16 14	7 09,3	25 07
663,5	4 13 29,011	16 00,2	20 35	16 14	8 11,3	23 46
664,5	4 17 25,572	16 04,4	20 47	16 14	9 11,4	20 55
665,5	4 21 22,129	16 08,7	20 59	16 14	10 08,7	16 49
666,5	4 25 18,684	16 12,9	21 10	16 14	11 03,2	11 47
667,5	4 29 15,236	16 17,2	21 21	16 14	11 55,5	6 09
668,5	4 33 11,788	16 21,5	—21 31	16 15	12 46,3	+0 15

I. DECEMBER

Közép európai zónaidőben (KözEI)

Datum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapestben					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(48)	335	7 10	11 33	15 55	3 15	14 31	
1	P		336	7 11	11 33	15 55	4 31	14 55	
3	Sz		337	7 13	11 33	15 55	5 46	15 22	
4	V		338	7 14	11 34	15 54	7 00	15 55	● 13 27
5	H	49	339	7 15	11 34	15 54	8 10	16 34	
6	K		340	7 16	11 35	15 54	9 12	17 22	
7	Sz		341	7 17	11 35	15 53	10 05	18 17	
8	Cs		342	7 18	11 36	15 53	10 47	19 18	
9	P		343	7 19	11 36	15 53	11 20	20 23	
10	Sz		344	7 20	11 36	15 53	11 48	21 28	
11	V		345	7 21	11 37	15 53	12 10	22 33	
12	H	50	346	7 22	11 37	15 53	12 31	23 38	⌋ 14 10
13	K		347	7 23	11 38	15 53	12 48	—	
14	Sz		348	7 24	11 38	15 53	13 07	0 43	
15	Cs		349	7 25	11 39	15 53	13 26	1 49	
16	P		350	7 25	11 39	15 53	13 47	2 58	
17	Sz		351	7 26	11 40	15 54	14 12	4 09	
18	V		352	7 27	11 40	15 54	14 43	5 24	
19	H	51	353	7 28	11 41	15 54	15 22	6 39	
20	K		354	7 28	11 41	15 55	16 13	7 51	○ 03 01
21	Sz		355	7 29	11 42	15 55	17 17	8 56	
22	Cs		356	7 29	11 42	15 56	18 31	9 50	
23	P		357	7 30	11 43	15 56	19 51	10 32	
24	Sz		358	7 30	11 43	15 57	21 13	11 04	
25	V		359	7 31	11 44	15 57	22 32	11 32	
26	H	52	360	7 31	11 44	15 58	23 49	11 55	⌋ 19 53
27	K		361	7 31	11 45	15 59	—	12 15	
28	Sz		362	7 32	11 45	15 59	1 04	12 37	
29	Cs		363	7 32	11 46	16 00	2 19	12 00	
30	P		364	7 32	11 46	16 01	3 33	13 24	
31	Sz		365	7 32	11 47	16 02	4 46	13 55	

Hold: 11-én 1^h-kor földtávolban
22-én 19^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^a világidőkor						
Julián dátum 2445...	Csillagidő (λ = 0 ^h -kor)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	''	h m	° '
...669,5	4 37 08,340	16 25,8	—21 41	16 15	13 36,6	— 5 37
670,5	4 41 04,894	16 30,1	21 50	16 15	14 27,4	11 10
671,5	4 45 01,451	16 34,5	21 59	16 15	15 19,4	16 06
672,5	4 48 58,011	16 38,8	22 08	16 15	16 12,9	20 09
673,5	4 52 54,573	16 43,1	22 16	16 15	17 07,8	23 06
674,5	4 56 51,137	16 47,5	22 24	16 15	18 03,5	24 48
675,5	5 00 47,700	16 51,9	22 31	16 16	18 59,0	25 12
676,5	5 04 44,262	16 56,2	22 38	16 16	19 53,1	24 21
677,5	5 08 40,823	17 00,6	22 44	16 16	20 45,1	22 22
678,5	5 12 37,381	17 05,0	22 50	16 16	21 34,6	19 25
679,5	5 16 33,937	17 09,4	22 56	16 16	22 21,8	15 43
680,5	5 20 30,492	17 13,8	23 01	16 16	23 07,1	11 24
681,5	5 24 27,045	17 18,2	23 06	16 16	23 51,2	6 38
682,5	5 28 23,597	17 22,6	23 10	16 16	0 35,1	— 1 34
683,5	5 32 20,150	17 27,0	23 14	16 17	1 19,6	+ 3 39
684,5	5 36 16,704	17 31,5	23 17	16 17	2 05,7	8 52
685,5	5 40 13,260	17 35,9	23 20	16 17	2 54,6	13 51
686,5	5 44 09,819	17 40,3	23 22	16 17	3 47,1	18 19
687,5	5 48 06,381	17 44,7	23 24	16 17	4 43,7	21 57
688,5	5 52 02,946	17 49,2	23 25	16 17	5 44,2	24 21
689,5	5 55 59,513	17 53,6	23 26	16 17	6 47,5	25 13
690,5	5 59 56,078	17 58,1	23 26	16 17	7 51,6	24 22
691,5	6 03 52,642	18 02,5	23 26	16 17	8 54,4	21 52
692,5	6 07 49,202	18 06,9	23 26	16 17	9 54,1	17 58
693,5	6 11 45,758	18 11,4	23 25	16 17	10 50,5	13 01
694,5	6 15 42,312	18 15,8	23 24	16 17	11 43,8	7 26
695,5	6 19 38,865	18 20,3	23 22	16 17	12 34,9	+ 1 33
696,5	6 23 35,417	18 24,7	23 19	16 17	13 24,9	— 4 18
697,5	6 27 31,972	18 29,1	23 16	16 17	14 14,8	9 52
698,5	6 31 28,529	18 33,6	23 13	16 17	15 05,5	14 53
699,5	6 35 25,088	18 38,0	—23 09	16 18	15 57,5	—19 06

Föld: 22-én 11^h 30^m-kor tél kezdete (KözEI)

**II. A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának
heliografikus koordinátái 0^h világidőkor**

Dátum	P	B ₀	L ₀	Dátum	P	B ₀	L ₀
	°	°	°		°	°	°
I. 0	+2,8	-2,9	252,5	VII. 4	-1,6	+3,2	330,9
5	+0,4	3,5	186,6	9	+0,7	3,7	264,7
10	-2,1	4,0	120,8	14	2,9	4,2	198,5
15	4,4	4,5	55,0	19	5,1	4,7	132,4
20	6,8	5,0	349,1	24	7,3	5,1	66,2
25	9,0	5,5	283,3	29	9,4	5,5	0,1
30	11,2	5,9	217,5				
II. 4	13,2	6,2	151,6	VIII. 3	11,4	5,9	293,9
9	15,1	6,5	85,8	8	13,3	6,2	227,8
14	16,9	6,8	20,0	13	15,1	6,5	161,7
19	18,6	7,0	314,1	18	16,8	6,8	95,6
24	20,1	7,1	248,3	23	18,4	7,0	29,5
				28	19,9	7,1	323,5
III. 1	21,4	7,2	182,4	IX. 2	21,2	7,2	257,4
6	22,6	7,3	116,5	7	22,4	7,3	191,4
11	23,7	7,2	50,7	12	23,4	7,2	125,4
16	24,5	7,2	344,8	17	24,3	7,2	59,3
21	25,2	7,0	278,9	22	25,1	7,1	353,3
26	25,8	6,8	212,9	27	25,6	6,9	287,4
31	26,1	6,6	147,0				
IV. 5	26,3	6,3	81,0	X. 2	26,0	6,7	221,4
10	26,3	6,0	15,0	7	26,3	6,4	155,4
15	26,1	5,6	309,0	12	26,3	6,1	89,4
20	25,7	5,2	243,0	17	26,2	5,7	23,5
25	25,2	4,8	176,9	22	25,9	5,3	317,5
30	24,4	4,3	110,9	27	25,3	4,9	251,6
V. 5	23,5	3,8	44,8	XI. 1	24,6	4,4	185,7
10	22,4	3,3	338,7	6	23,7	3,9	119,7
15	21,2	2,7	272,6	11	22,6	3,3	53,8
20	19,7	2,1	206,4	16	21,3	2,8	347,9
25	18,1	1,5	140,3	21	19,8	2,2	282,0
30	16,4	0,9	74,1	26	18,2	1,6	216,1
VI. 4	14,5	-0,3	8,0	XII. 1	16,3	0,9	150,2
9	12,6	+0,3	301,8	6	14,4	+0,3	84,3
14	10,5	0,9	235,6	11	12,2	-0,4	18,4
19	8,3	1,5	169,4	16	10,0	1,0	312,5
24	6,1	2,0	103,2	21	7,7	1,6	246,7
29	-3,9	+2,6	37,5	26	5,3	2,3	180,8
				31	+2,9	-2,9	114,9

P: A Nap forgási tengelyének helyzetét a napkorong „geocentrikus” Észak—
Dél irányától számítjuk, pozitívnak véve a keleti irányú elhajlást.

III. A holdkorong sugara 0^h világidőkor

Dátum		Dátum		Dátum	
I. 1	16 41	V. 1	15 03	IX. 1	15 50
4	16 07	4	14 47	4	16 28
7	15 24	7	14 55	7	16 38
10	14 55	10	15 24	10	16 07
13	14 43	13	15 58	13	15 22
16	14 44	16	16 15	16	14 52
19	14 59	19	16 10	19	14 44
22	15 31	22	15 52	22	14 53
25	16 15	25	15 29	25	15 12
28	16 44	28	15 05	28	15 39
31	16 27	31	14 48		
II. 3	15 42	VI. 3	14 49	X. 1	16 09
6	15 02	6	15 15	4	16 29
9	14 44	9	15 55	7	16 16
12	14 45	12	16 26	10	15 37
15	14 58	15	16 23	13	15 01
18	15 21	18	15 56	16	14 46
21	15 55	21	15 27	19	14 54
24	16 27	24	15 03	22	15 16
27	16 32	27	14 47	25	15 40
		30	14 45	28	16 00
III. 2	16 00	VII. 3	15 03	31	16 13
5	15 16	6	15 42	XI. 3	16 10
8	14 49	9	16 25	6	15 44
11	14 46	12	16 39	9	15 10
14	15 00	15	16 13	12	14 48
17	15 22			15	14 51
20	15 47	18	15 33	18	15 16
23	16 10	21	15 03	21	15 46
26	16 21	24	14 46	24	16 06
29	16 05	27	14 43	27	16 09
		30	14 54	30	16 00
IV. 1	15 29	VIII. 2	15 25	XII. 3	15 41
4	14 57	5	16 10	6	15 14
7	14 46	8	16 42	9	14 51
10	15 00	11	16 31	12	14 47
13	15 26	14	15 49	15	15 08
16	15 51				
19	16 06	17	15 09	18	15 46
22	16 09	20	14 47	21	16 17
25	15 59	23	14 43	24	16 20
28	15 33	26	14 52	27	16 01
		29	15 14	30	15 35

IV. A szabad szemmel

Merkur

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kei	dele	nyugszik
	h m	°	"	cs. e.	mag.	h m	h m	h m
I. 1	20 07,6	—21 15	3,47	0,96	—0,2	8 47	13 11	17 35
6	20 18,7	19 25	4,02	0,83	+0,4	8 27	13 01	17 35
11	20 11,7	18 13	4,63	0,72	1,1	7 53	12 32	17 12
16	19 48,0	18 01	5,00	0,67	2,7	7 07	11 48	16 29
21	19 22,7	18 34	4,89	0,68	1,7	6 26	11 04	15 42
26	19 10,6	19 23	4,46	0,75	0,9	6 08	10 34	15 08
31	19 13,4	20 09	4,00	0,83	0,5	5 48	10 18	14 48
II. 5	19 26,9	20 38	3,62	0,92	0,3	5 46	10 13	14 40
10	19 47,7	20 44	3,32	1,01	0,2	5 47	10 14	14 41
15	20 12,4	20 21	3,08	1,08	0,1	5 51	10 19	14 48
20	20 39,5	19 27	2,90	1,15	0,0	5 54	10 27	15 01
25	21 08,7	18 02	2,76	1,21	+0,0	5 56	10 37	15 18
III. 2	21 39,0	16 04	2,65	1,26	—0,2	5 57	10 48	15 38
7	22 10,3	13 35	2,57	1,30	0,4	5 57	10 59	16 02
12	22 42,4	10 34	2,50	1,33	0,6	5 55	11 12	16 28
17	23 15,5	7 02	2,47	1,35	0,9	5 53	11 25	16 58
22	23 49,6	— 3 01	2,46	1,36	1,2	5 50	11 40	17 30
27	0 25,0	+ 1 25	2,49	1,34	1,6	5 46	11 56	18 05
IV. 1	1 01,4	6 07	2,57	1,30	1,5	5 42	12 12	18 42
6	1 38,1	10 45	2,73	1,22	1,3	5 38	12 29	19 21
11	2 13,1	14 56	2,99	1,12	0,8	5 33	12 44	19 55
16	2 43,9	18 14	3,36	1,00	—0,3	5 27	12 55	20 23
21	3 08,0	20 26	3,84	0,87	+0,4	5 19	12 58	20 38
26	3 23,7	21 31	4,41	0,76	1,0	5 08	12 53	20 39
V. 1	3 30,3	21 29	5,03	0,66	1,7	4 54	12 39	20 25
6	3 28,2	20 24	5,59	0,60	2,4	4 37	12 17	19 56
11	3 19,7	18 32	5,95	0,56	3,3	4 19	11 48	19 18
16	3 09,4	16 21	6,02	0,55	3,0	4 00	11 18	18 37
21	3 01,8	14 32	5,80	0,58	2,3	3 42	10 52	18 01
26	2 59,8	13 30	5,38	0,62	1,7	3 26	10 31	17 35
31	3 04,7	13 26	4,88	0,69	1,3	3 13	10 16	17 20
VI. 5	3 16,1	14 13	4,38	0,76	0,9	3 01	10 09	17 16
10	3 33,7	15 41	3,92	0,85	0,6	2 52	10 07	17 22
15	3 57,3	17 36	3,52	0,95	+0,3	2 47	10 11	17 36
20	4 26,8	19 43	3,17	1,05	—0,2	2,46	10 22	17 58
25	5 02,3	21 46	2,90	1,15	0,7	2 51	10 38	18 25
30	5 43,8	+23 21	2,69	1,24	—1,2	3 04	11 00	18 57

látható bolygók adatai

Merkur

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látészó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	6 29,7	+24 05	2,56	1,30	—1,6	3 26	11 27	19 28
10	7 17,1	23 43	2,51	1,33	1,7	3 56	11 55	19 53
15	8 02,8	22 16	2,52	1,33	1,4	4 31	12 21	20 10
20	8 44,5	19 57	2,58	1,30	0,9	5 05	12 42	20 19
25	9 21,8	17 04	2,67	1,25	0,5	5 38	12 59	20 21
30	9 54,9	13 52	2,80	1,19	—0,2	6 06	13 12	20 18
VIII. 4	10 24,1	10 32	2,95	1,13	+0,1	6 31	13 21	20 11
9	10 49,8	7 13	3,14	1,06	0,2	6 52	13 27	20 02
14	11 12,0	4 02	3,36	0,99	0,4	7 08	13 29	19 50
19	11 30,6	+ 1 07	3,63	0,92	0,6	7 19	13 27	19 36
24	11 45,0	— 1 22	3,94	0,85	0,7	7 24	13 22	19 19
29	11 54,0	3 12	4,31	0,78	0,9	7 21	13 10	19 00
IX. 3	11 56,1	4 04	4,70	0,71	1,2	7 06	12 52	18 37
8	11 49,7	3 35	5,07	0,66	1,8	6 37	12 25	18 12
13	11 35,4	— 1 32	5,24	0,64	2,6	5 54	11 50	17 47
18	11 18,8	+ 1 35	5,04	0,66	2,6	5 04	11 15	17 25
23	11 09,4	4 21	4,51	0,74	1,4	4 24	10 47	17 09
28	11 13,6	5 30	3,87	0,86	+0,3	4 05	10 32	17 00
X. 3	11 31,2	4 42	3,33	1,00	—0,4	4 07	10 31	16 55
8	11 57,3	+ 2 22	2,94	1,14	0,8	4 25	10 38	16 52
13	12 27,4	— 0 52	2,68	1,24	1,0	4 49	10 49	16 48
18	12 58,7	4 28	2,52	1,33	1,0	5 17	11 00	16 44
23	13 30,1	8 06	2,41	1,38	1,0	5 44	11 12	16 40
28	14 01,2	11 34	2,35	1,42	1,0	6 12	11 24	16 36
XI. 2	14 32,3	14 48	2,32	1,44	0,9	6 38	11 35	16 32
7	15 03,6	17 42	2,32	1,44	0,7	7 04	11 47	16 29
12	15 35,1	20 14	2,34	1,43	0,6	7 29	11 58	16 28
17	16 07,1	22 21	2,38	1,41	0,5	7 53	12 11	16 29
22	16 39,4	24 01	2,44	1,37	0,4	8 15	12 23	16 32
27	17 12,0	25 09	2,54	1,31	0,4	8 35	12 36	16 38
XII. 2	17 44,4	25 45	2,69	1,24	0,4	8 51	12 49	16 47
7	18 15,4	25 45	2,89	1,16	0,4	9 02	13 00	16 58
12	18 43,2	25 10	3,18	1,05	0,2	9 06	13 08	17 09
17	19 04,2	24 05	3,59	0,93	—0,0	9 00	13 08	17 16
22	19 12,4	22 44	4,13	0,81	+0,5	8 39	12 54	17 10
27	19 01,5	—21 27	4,70	0,71	+1,6	7 59	12 22	16 45

IV. A szabad szemmel

Vénusz

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten					
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik			
	h m	o ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m			
I. 1	19 44,7	—22 33	5,12	1,64	—3,4	8 33	12 49	17 06			
6	20 11,3	21 25	5,16	1,63	3,3	8 33	12 56	17 19			
11	20 37,4	20 02	5,21	1,62	3,3	8 32	13 03	17 33			
16	21 03,0	18 25	5,25	1,60	3,3	8 30	13 09	17 47			
21	21 28,1	16 35	5,30	1,59	3,3	8 26	13 14	18 02			
26	21 52,6	14 33	5,36	1,57	3,3	8 21	13 19	18 17			
31	22 16,6	12 21	5,42	1,55	3,3	8 15	13 23	18 31			
II. 5	22 40,2	10 01	5,48	1,53	3,3	8 08	13 27	18 46			
10	23 03,3	7 35	5,55	1,52	3,3	8 00	13 30	19 00			
15	23 26,1	5 04	5,62	1,50	3,4	7 52	13 33	19 14			
20	23 48,7	— 2 29	5,70	1,47	3,4	7 47	13 36	19 28			
25	0 11,1	+ 0 07	5,79	1,45	3,4	7 35	13 39	19 42			
III. 2	0 33,4	2 44	5,88	1,43	3,4	7 26	13 41	19 56			
7	0 55,7	5 19	5,98	1,41	3,4	7 17	13 44	20 10			
12	1 18,1	7 51	6,09	1,38	3,4	7 09	13 46	20 24			
17	1 40,7	10 19	6,21	1,35	3,4	7 00	13 49	20 38			
22	2 03,6	12 41	6,34	1,33	3,4	6 52	13 52	20 53			
27	2 26,6	14 56	6,48	1,30	3,4	6 45	13 56	21 07			
IV. 1	2 50,0	17 02	6,63	1,27	3,5	6 38	14 00	21 21			
6	3 13,8	18 57	6,80	1,24	3,5	6 32	14 04	21 35			
11	3 37,9	20 41	6,98	1,21	3,5	6 27	14 08	21 49			
16	4 02,5	22 12	7,17	1,17	3,5	6 24	14 13	22 03			
21	4 27,3	23 28	7,39	1,14	3,5	6 21	14 18	22 15			
26	4 52,3	24 29	7,62	1,10	3,6	6 20	14 24	22 27			
V. 1	5 17,5	25 13	7,87	1,07	3,6	6 21	14 29	22 37			
6	5 42,7	25 41	8,15	1,03	3,6	6 24	14 35	22 45			
11	6 07,7	25 53	8,46	0,99	3,7	6 28	14 40	22 52			
16	6 32,5	25 47	8,80	0,96	3,7	6 33	14 45	22 56			
21	6 56,8	25 25	9,17	0,92	3,7	6 40	14 49	22 58			
26	7 20,5	24 48	9,58	0,88	3,8	6 48	14 53	22 59			
31	7 43,5	23 56	10,03	0,84	3,8	6 57	14 56	22 56			
VI. 5	8 05,6	22 51	10,54	0,80	3,8	7 05	14 59	22 52			
10	8 26,7	21 34	11,10	0,76	3,9	7 14	15 00	22 46			
15	8 46,9	20 07	11,73	0,72	4,0	7 22	15 00	22 38			
20	9 05,8	18 32	12,43	0,68	4,0	7 30	14 59	22 29			
25	9 23,5	16 50	13,22	0,64	4,0	7 37	14 57	22 18			
30	9 39,8	+15 03	14,12	0,60	—4,1	7 42	14 54	22 05			

látható bolygók adatai

Vénusz

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	9 54,5	+13 13	15,12	0,56	—4,1	7 46	14 48	21 51
10	10 07,6	11 23	16,25	0,52	4,2	7 47	14 42	21 36
15	10 18,7	9 35	17,53	0,48	4,2	7 47	14 33	21 18
20	10 27,6	7 51	18,96	0,44	4,2	7 44	14 22	20 59
25	10 33,9	6 14	20,54	0,41	4,2	7 37	14 08	20 38
30	10 37,2	4 49	22,26	0,38	4,1	7 27	13 51	20 15
VIII. 4	10 37,2	3 40	24,07	0,35	4,0	7 12	13 31	19 50
9	10 33,6	2 51	25,86	0,33	3,9	6 52	13 07	19 23
14	10 26,6	2 27	27,46	0,31	3,7	6 27	12 40	18 54
19	10 16,6	2 30	28,67	0,29	3,3	5,56	12 11	18 25
24	10 04,8	3 00	29,26	0,29	3,2	5 23	11 39	17 55
29	9 53,1	3 50	29,11	0,29	3,3	4 48	11 08	17 28
IX. 3	9 43,1	4 53	28,28	0,30	3,6	4 14	10 39	17 03
8	9 36,3	5 58	26,92	0,31	3,9	3 43	10 12	16 42
13	9 33,2	6 57	25,27	0,33	4,0	3 16	9 50	16 24
18	9 34,1	7 44	23,52	0,36	4,1	2 54	9 32	16 09
23	9 38,6	8 16	21,79	0,39	4,3	2 37	9 17	15 57
28	9 46,4	8 32	20,17	0,42	4,3	2 24	9 05	15 46
X. 3	9 56,8	8 31	18,68	0,45	4,3	2 15	8 56	15 37
8	10 09,4	8 14	17,35	0,48	4,3	2 09	8 49	15 29
13	10 23,8	7 42	16,16	0,52	4,2	2 07	8 44	15 21
18	10 39,6	6 54	15,10	0,56	4,2	2 06	8 40	15 14
23	10 56,5	5 53	14,16	0,59	4,1	2 08	8 37	15 06
28	11 14,3	4 40	13,32	0,63	4,1	2 12	8 35	14 59
XI. 2	11 32,8	3 16	12,57	0,67	4,1	2 17	8 34	14 52
7	11 52,0	1 43	11,90	0,71	4,0	2 23	8 34	14 45
12	12 11,6	+ 0 01	11,30	0,74	4,0	2 30	8 34	14 37
17	12 31,7	— 1 46	10,76	0,78	3,9	2 39	8 34	14 30
22	12 52,2	3 38	10,27	0,82	3,9	2 48	8 35	14 22
27	13 13,2	5 34	9,83	0,86	3,8	2 57	8 36	14 15
XII. 2	13 34,5	7 30	9,42	0,89	3,8	3 08	8 38	14 08
7	13 56,3	9 26	9,06	0,93	3,8	3 18	8 40	14 02
12	14 18,6	11 20	8,72	0,96	3,7	3 28	8 43	13 56
17	14 41,4	13 11	8,41	1,00	3,7	3 41	8 46	13 50
22	15 04,6	14 55	8,13	1,03	3,7	3 53	8 49	13 45
27	15 28,5	—16 32	7,87	1,07	—3,6	4 05	8 53	13 42

IV. A szabad szemmel

Mars

Dátum	0 ^b világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	o ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	21 19,3	— 16 51	2,30	2,03	+1,3	9 36	14 23	19 10
11	21 50,0	14 15	2,26	2,07	1,3	9 15	14 14	19 13
21	22 20,1	11 26	2,21	2,12	1,4	8 52	14 05	19 17
31	22 49,5	8 26	2,17	2,16	1,4	8 28	13 55	19 21
II. 10	23 18,4	5 20	2,13	2,20	1,4	8 04	13 44	19 24
20	23 46,9	— 2 10	2,09	2,23	1,5	7 39	13 33	19 27
III. 2	0 15,0	+ 1 00	2,06	2,27	1,5	7 14	13 22	19 29
12	0 43,0	4 07	2,03	2,31	1,5	6 49	13 10	19 32
22	1 10,9	7 09	1,99	2,35	1,5	6 24	12 59	19 34
IV. 1	1 39,0	10 02	1,97	2,38	1,5	6 00	12 48	19 35
11	2 07,2	12 45	1,94	2,41	1,6	5 36	12 36	19 37
21	2 35,7	15 14	1,91	2,44	1,6	5 13	12 25	19 38
V. 1	3 04,5	17 28	1,89	2,47	1,6	4 51	12 15	19 39
11	3 33,7	19 24	1,87	2,50	1,6	4 31	12 05	19 39
21	4 03,1	21 02	1,86	2,52	1,6	4 12	11 55	19 38
31	4 32,8	22 20	1,85	2,54	1,6	3 55	11 45	19 35
IV. 10	5 02,6	23 17	1,84	2,55	1,7	3 39	11 35	19 31
20	5 32,4	23 52	1,83	2,56	1,7	3 26	11 26	19 25
30	6 02,1	24 07	1,83	2,56	1,8	3 15	11 16	19 17
VII. 10	6 31,5	24 00	1,83	2,56	1,8	3 06	11 06	19 06
20	7 00,5	23 33	1,83	2,56	1,9	2 58	10 56	18 53
30	7 29,0	22 47	1,84	2,55	1,9	2 51	10 45	18 38
VIII. 9	7 56,8	21 43	1,85	2,53	1,9	2 46	10 33	18 20
19	8 23,9	20 24	1,87	2,51	1,9	2 41	10 21	18 00
29	8 50,3	18 51	1,89	2,48	2,0	2 36	10 08	17 39
IX. 8	9 16,0	17 05	1,91	2,44	2,0	2 32	9 54	17 16
18	9 41,0	15 10	1,95	2,40	2,0	2 27	9 39	16 52
28	10 05,4	13 06	1,99	2,35	1,9	2 22	9 24	16 26
X. 8	10 29,1	10 55	2,03	2,30	1,9	2 17	9 09	16 01
18	10 52,3	8 40	2,09	2,24	1,9	2 11	8 52	15 34
28	11 15,1	6 22	2,15	2,17	1,9	2 04	8 36	15 07
XI. 7	11 37,4	4 02	2,23	2,10	1,8	1 58	8 19	14 39
17	11 59,3	+ 1 43	2,31	2,02	1,8	1 50	8 01	14 12
27	12 20,9	— 0 35	2,41	1,94	1,7	1 43	7 43	13 44
XII. 7	12 42,1	2 50	2,53	1,85	1,6	1 34	7 25	13 16
17	13 03,1	4 59	2,66	1,76	1,5	1 25	7 07	12 48
27	13 23,7	— 7 03	2,81	1,66	+1,4	1 15	6 48	12 20

látható bolygók adatai

Jupiter

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	o ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	15 56,9	—19 35	15,01	6,12	—1,3	4 27	9 00	13 32
11	16 04,8	19 58	15,29	6,01	1,4	3 57	8 28	12 59
21	16 12,1	20 17	15,63	5,88	1,4	3 27	7 56	12 25
31	16 18,8	20 33	16,01	5,74	1,5	2 56	7 24	11 51
II. 10	16 24,7	20 46	16,44	5,59	1,5	2 24	6 50	11 16
20	16 29,6	20 57	16,92	5,43	1,6	1 50	6 16	10 41
III. 2	16 33,5	21 04	17,45	5,27	1,7	1 15	5 40	10 05
12	16 36,2	21 09	18,00	5,11	1,7	0 39	5 03	9 28
22	16 37,7	21 11	18,57	4,95	1,8	0 01	4 26	8 50
IV. 1	16 37,8	21 11	19,14	4,80	1,9	23 18	3 46	8 11
11	16 36,6	21 08	19,69	4,67	1,9	22 37	3 06	7 30
21	16 34,2	21 02	20,19	4,55	2,0	21 55	2 24	6 49
V. 1	16 30,6	20 55	20,61	4,46	2,0	21 11	1 41	6 07
11	16 26,2	20 45	20,93	4,39	2,1	20 26	0 57	5 24
21	16 21,1	20 34	21,12	4,35	2,1	19 41	0 13	4 41
31	16 15,7	20 22	21,17	4,34	2,1	18 55	23 24	3 57
VI. 10	16 10,5	20 10	21,08	4,36	2,1	18 10	22 39	3 13
20	16 05,7	19 59	20,85	4,41	2,1	17 25	21 55	2 30
30	16 01,7	19 50	20,50	4,48	2,0	16 41	21 12	1 48
VII. 10	15 58,7	19 43	20,07	4,58	2,0	15 58	20 30	1 06
20	15 56,9	19 40	19,57	4,70	1,9	15 17	19 49	0 25
30	15 56,3	19 41	19,03	4,83	1,9	14 37	19 09	23 41
VIII. 9	15 57,0	19 45	18,48	4,97	1,8	13 59	18 31	23 03
19	15 59,0	19 53	17,94	5,12	1,7	13 22	17 53	22 25
29	16 02,1	20 04	17,42	5,28	1,7	12 47	17 17	21 47
IX. 8	16 06,3	20 18	16,93	5,43	1,6	12 13	16 42	21 11
18	16 11,5	20 34	16,48	5,58	1,6	11 41	16 08	20 36
28	16 17,7	20 51	16,08	5,71	1,6	11 09	15 35	20 01
X. 8	16 24,6	21 09	15,73	5,84	1,5	10 38	15 03	19 27
18	16 32,2	21 27	15,42	5,96	1,4	10 08	14 31	18 54
28	16 40,5	21 45	15,17	6,06	1,4	9 39	14 00	18 21
XI. 7	16 49,3	22 02	14,96	6,14	1,4	9 10	13 29	17 49
17	16 58,5	22 18	14,81	6,21	1,4	8 41	12 59	17 17
27	17 08,0	22 32	14,70	6,25	1,3	8 13	12 29	16 46
XII. 7	17 17,7	22 44	14,65	6,27	1,3	7 44	12 00	16 15
17	17 27,5	22 53	14,65	6,27	1,3	7 15	11 30	15 45
27	17 37,3	—23 01	14,70	6,25	—1,3	6 47	11 01	15 15

IV. A szabad szemmel látható bolygók adatai
Szaturnusz

Dátum	0 ^h világidőkor					Közel-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	″	cs. e.	mag.	h m	h m	h m
I. 1	14 06,1	—10 14	7,40	10,08	+0,9	1 51	7 09	12 27
11	14 08,5	10 24	7,51	9,92	0,8	1 15	6 32	11 49
21	14 10,4	10 31	7,64	9,76	0,8	0 38	5 55	11 11
31	14 11,6	10 35	7,77	9,59	0,8	23 56	5 16	10 33
II. 10	14 12,2	10 35	7,91	9,43	0,7	23 18	4 38	9 54
20	14 12,1	10 32	8,04	9,27	0,7	22 38	3 58	9 15
III. 2	14 11,3	10 25	8,16	9,13	0,6	21 57	3 18	8 35
12	14 09,9	10 16	8,28	9,01	0,6	21 15	2 37	7 55
22	14 08,0	10 04	8,37	8,91	0,5	20 33	1 56	7 15
IV. 1	14 05,6	9 50	8,44	8,83	0,5	19 50	1 14	6 34
11	14 02,9	9 34	8,49	8,78	0,4	19 07	0 33	5 54
21	14 00,0	9 19	8,51	8,77	0,4	18 24	23 46	5 13
V. 1	13 57,2	9 03	8,49	8,78	0,4	17 41	23 04	4 31
11	13 54,4	8 49	8,45	8,82	0,5	16 57	22 22	3 51
21	13 51,9	8 37	8,39	8,89	0,5	16 15	21 40	3 10
31	13 49,8	8 27	8,30	8,99	0,6	15 33	20 59	2 29
VI. 10	13 48,2	8 20	8,19	9,11	0,7	14 51	20 18	1 49
20	13 47,1	8 17	8,07	9,24	0,7	14 11	19 38	1 08
30	13 46,7	8 17	7,94	9,39	0,8	13 31	18 58	0 29
VII. 10	13 46,8	8 21	7,81	9,55	0,8	12 52	18 19	23 45
20	13 47,6	8 28	7,67	9,72	0,9	12 14	17 40	23 06
30	13 49,0	8 38	7,55	9,88	0,9	11 37	17 02	22 28
VIII. 9	13 50,9	8 52	7,42	10,04	0,9	11 01	16 25	21 49
19	13 53,4	9 08	7,31	10,20	0,9	10 25	15 48	21 11
29	13 56,3	9 26	7,21	10,34	0,9	9 50	15 12	20 33
IX. 8	13 59,7	9 47	7,12	10,47	0,9	9 16	14 36	19 56
18	14 03,5	10 09	7,05	10,58	0,9	8 42	14 00	19 19
28	14 07,5	10 32	6,99	10,67	0,9	8 08	13 25	18 42
X. 8	14 11,9	10 56	6,94	10,74	0,9	7 35	12 50	18 05
18	14 16,4	11 20	6,91	10,79	0,8	7 02	12 15	17 28
28	14 21,0	11 44	6,90	10,81	0,8	6 29	11 40	16 52
XI. 7	14 25,6	12 07	6,90	10,80	0,8	5 57	11 06	16 16
17	14 30,5	12 30	6,92	10,77	0,8	5 23	10 31	15 39
27	14 34,8	12 51	6,96	10,72	0,8	4 50	9 56	15 02
XII. 7	14 39,1	13 11	7,01	10,64	0,8	4 17	9 21	14 26
17	14 43,2	13 29	7,08	10,54	0,8	3 43	8 46	13 49
27	14 47,0	—13 44	7,16	10,42	+0,8	3 09	8 10	13 12

IVa. Az Uránusz és Neptunusz adatai

Dátum	0 ^b világlidőkor					KözE1-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	o ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
Uránusz								
I. 1	16 20,5	—21 22	1,74	19,74	+6,0	5 00	9 23	13 46
31	16 26,3	21 35	1,77	19,36	6,0	3 09	7 31	11 53
III. 2	16 29,4	21 42	1,82	18,87	5,9	1 15	5 36	9 57
IV. 1	16 29,2	21 42	1,86	18,39	5,9	23 12	3 38	7 59
V. 1	16 25,9	21 35	1,90	18,05	5,8	21 10	1 36	5 59
31	16 20,9	21 23	1,91	17,93	5,8	19 06	23 29	3 57
VI. 30	16 16,0	21 12	1,90	18,08	5,8	17 03	21 27	1 55
VII. 30	16 13,0	21 05	1,86	18,45	5,9	15 01	19 26	23 51
VIII. 29	16 13,0	21 05	1,81	18,94	5,9	13 03	17 28	21 53
IX. 28	16 16,1	21 14	1,76	19,42	6,0	11 09	15 33	19 57
X. 28	16 21,9	21 28	1,73	19,80	6,0	9 18	13 41	18 04
XI. 27	16 29,4	21 45	1,72	19,96	6,0	7 29	11 51	16 12
XII. 27	16 37,1	—22 01	1,72	19,88	+6,0	5 41	10 00	14 20
Neptunusz								
I. 1	17 48,1	—22 12	1,17	31,23	+7,8	6 32	10 50	15 09
31	17 52,5	22 13	1,18	30,99	7,8	4 38	8 57	13 15
III. 2	17 55,6	22 13	1,20	30,56	7,8	2 43	7 02	11 20
IV. 1	17 56,7	22 12	1,22	30,05	7,7	0 46	5 05	9 24
V. 1	17 55,7	22 11	1,24	29,60	7,7	22 43	3 06	7 25
31	17 53,0	22 10	1,25	29,31	7,7	20 43	1 05	5 24
VI. 30	17 49,6	22 09	1,25	29,27	7,7	18 41	23 00	3 23
VII. 30	17 46,5	22 09	1,24	29,47	7,7	16 40	20 59	1 22
VIII. 29	17 44,9	22 10	1,22	29,88	7,7	14 41	18 59	23 18
IX. 28	17 45,2	22 11	1,20	30,38	7,8	12 43	17 02	21 21
X. 28	17 47,6	22 14	1,19	30,85	7,8	10 48	15 06	19 25
XI. 27	17 51,6	22 16	1,17	31,16	7,8	8 54	13 12	17 31
XII. 27	17 56,4	—22 17	1,17	31,24	+7,8	7 01	11 19	15 37

V. A bolygók heliocentrikus

Dátum	Merkur		Vénusz		Föld	
	λ	β	λ	β	λ	β
	°	°	°	°	°	0,001°
I. 6	52,0	+0,5	320,7	-3,1	104,6	-4
16	114,2	+6,4	336,5	-3,3	114,8	-4
26	166,0	+6,2	352,4	-3,4	125,0	-3
II. 5	204,1	+2,8	8,3	-3,1	135,1	-3
15	234,6	-0,8	24,2	-2,7	145,3	-2
25	262,3	-4,0	40,2	-2,0	155,3	-2
III. 7	290,9	-6,3	56,3	-1,2	165,4	-1
17	324,2	-7,0	72,4	-0,2	175,3	0
27	7,4	-4,5	88,5	+0,7	185,3	+1
IV. 6	64,6	+2,0	104,7	+1,6	195,1	+2
16	125,9	+6,9	120,9	+2,4	205,0	+2
26	174,7	+5,6	137,1	+3,0	214,7	+3
V. 6	210,8	+2,1	153,4	+3,3	224,5	+3
16	240,3	-1,5	169,6	+3,4	234,1	+4
26	267,9	-4,5	185,8	+3,2	243,7	+4
VI. 5	297,1	-6,6	202,0	+2,8	253,3	+4
15	332,0	-6,8	218,0	+2,1	262,9	+4
25	17,9	-3,5	234,0	+1,3	272,4	+4
VII. 5	77,4	+3,5	249,9	+0,4	282,0	+4
15	137,1	+7,0	265,8	-0,6	291,5	+4
25	182,8	+5,0	281,6	-1,5	301,0	+3
VIII. 4	217,1	+1,3	297,4	-2,2	310,6	+3
14	246,0	-2,2	313,3	-2,9	320,2	+2
24	273,6	-5,0	329,5	-3,2	329,8	+2
IX. 3	303,6	-6,8	344,9	-3,4	339,5	+1
13	340,2	-6,5	0,8	-3,3	349,2	+1
23	29,0	-2,3	16,7	-2,9	358,9	0
X. 3	90,2	+4,7	32,7	+2,3	8,8	-1
13	147,6	+6,9	48,7	-1,6	18,6	-2
23	190,5	+4,3	64,8	-0,7	28,6	-3
XI. 2	223,2	+0,6	80,9	+0,3	38,5	-3
12	251,5	-2,8	97,1	+1,2	48,6	-4
22	279,4	-5,5	113,3	+2,1	58,6	-4
XII. 2	310,3	-6,9	129,5	+2,7	68,8	-4
12	349,0	-6,0	145,8	+3,2	78,9	-4
22	40,7	-0,9	162,0	+3,4	89,1	-4

λ : ekliptikai hosszúság

β : ekliptikai szélesség

ekliptikai koordinátái 0^h világidőkor

Dátum	Mars		Jupiter		Szaturnusz	
	λ	β	λ	β	λ	β
	°	°	°	°	°	°
I. 6	345,1	—1,7	234,5	+0,9	207,3	+2,5
16	351,4	1,6	235,3	0,9	207,6	2,5
26	357,7	1,4	236,1	0,9	207,9	2,5
II. 5	3,9	1,3	236,9	0,9	208,2	2,5
15	10,1	1,2	237,6	0,9	208,6	2,5
25	16,2	1,0	238,4	0,9	208,9	2,5
III. 7	22,3	0,8	239,2	0,9	209,2	2,5
17	28,2	0,7	240,0	0,8	209,5	2,5
27	34,1	0,5	240,8	0,8	209,8	2,5
IV. 6	39,9	0,3	241,5	0,8	210,2	2,5
16	45,6	—0,1	242,3	0,8	210,5	2,5
26	51,2	+0,1	243,1	0,8	210,8	2,5
V. 6	56,7	0,2	243,9	0,8	211,1	2,5
16	62,1	0,4	244,7	0,8	211,4	2,5
26	67,4	0,6	245,4	0,7	211,8	2,5
VI. 5	72,6	0,7	246,2	0,7	212,1	2,5
15	77,8	0,9	247,0	0,7	212,4	2,5
25	82,8	1,0	247,8	0,7	212,7	2,5
VII. 5	87,8	1,2	248,6	0,7	213,0	2,5
15	92,7	1,3	249,4	0,7	213,3	2,4
25	97,6	1,4	250,2	0,7	213,7	2,4
VIII. 4	102,3	1,5	251,0	0,6	214,0	2,4
14	107,0	1,6	251,7	0,6	214,3	2,4
24	111,6	1,6	252,5	0,6	214,6	2,4
IX. 3	116,3	1,7	253,3	0,6	214,9	2,4
13	120,8	1,7	254,1	0,6	215,2	2,4
23	125,3	1,8	254,9	0,6	215,6	2,4
X. 3	129,8	1,8	255,7	0,5	215,9	2,4
13	134,2	1,8	256,5	0,5	216,2	2,4
23	138,6	1,8	257,3	0,5	216,5	2,4
XI. 2	143,0	1,8	258,1	0,5	216,8	2,4
12	147,4	1,8	258,9	0,5	217,1	2,4
22	151,8	1,8	259,7	0,5	217,5	2,4
XII. 2	156,2	1,8	260,5	0,4	217,8	2,4
12	160,5	1,7	261,3	0,4	218,1	2,4
22	164,9	+1,7	262,1	—0,4	218,4	+2,4

VI. A jupiterholdak helyzetei és fogyatkozásai (KözEI-ben)

Dátum	Január				
	a holdak a bolygó		a holdak		
	nyugati oldalon	keleti oldalon	sorszámok	fogyatkozások	
	5 ^h			d h m	megj.
1	. 0 . . .		10432		
2	. . . 0 . . .		42013		
3	. . . 0 . . .		41203	3 6 32	k 2
4	. . . 0 . . .		40312		
5	. . . 0 . . .		4310		
6	. . . 0 . . .		43201		k 1
7	. . . 0 . . .		43102	7 5 38	
8	. . . 0 . . .		4032		
9	. . . 0 . . .		42013		
10	. . . 0 . . .		12043		
11	. . . 0 . . .		03124		
12	. . . 0 . . .		31024		
13	. . . 0 . . .		32014		
14	. . . 0 . . .		31024		
15	. . . 0 . . .		0124		
16	. . . 0 . . .		2034		
17	. . . 0 . . .		21043		
18	. . . 0 . . .		04134		
19	. . . 0 . . .		41302		
20	. . . 0 . . .		43201		
21	. . . 0 . . .		4310		
22	. . . 0 . . .		4012	22 4 04	k 3
23	. . . 0 . . .		42103	22 6 15	v 3
24	. . . 0 . . .		42103	23 3 53	k 1
25	. . . 0 . . .		40123		
26	. . . 0 . . .		41302		
27	. . . 0 . . .		32041		
28	. . . 0 . . .		31204	28 3 34	k 2
29	. . . 0 . . .		30124		
30	. . . 0 . . .		12034	30 5 46	k 1
31	. . . 0 . . .		2034		

A megjegyzés rovatban a *k* vagy *v* betű azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdetére, illetve végére vonatkozik-e; a szám a Jupiter-hold sorszámaára utal.

VI. A jupiterholdak helyzetei és fogyatkozásai (KözEI-ben)

Dátum	Február				
	a holdak a bolygó		a holdak		
	nyugati oldalán	keleti oldalán	sorszámai	fogyatkozásai	
	4 ^h			d h m	megj.
1	0		01234		
2	. 0		1024		
3	. . 0		32014		
4	. . . 0		3120	4 6 09	k 2
5	. . . 0		43012		
6	. . . 0		4103		
7	. . . 0		42013		
8	. . . 0		4023		
9	. 0		41032		
10	. . . 0		43201		
11	. . . 0		34120		
12	. . . 0		34012		
13	. . 0		10234		
14	. . 0		20134		
15	. 0		10234	15 4 00	k 1
16	. 0		0324		
17	. . 0		32014		
18	. . . 0		32104		
19	. . . 0		30124		
20	. . 0		10324		
21	. . . 0		24013		
22	. . . 0		4103	22 3 00	v 2
23	. . . 0		40132	22 5 53	k 1
24	. . . 0		43201		
25	. . . 0		43210		
26	. . . 0		43012		
27	. . . 0		41302	27 2 03	v 3
28	. . . 0		42013		

VI. A jupiterholdak helyzetei és fogyatkozásai (KözEI-ben)

Datum	Március								
	a holdak a bolygó		a holdak						
	nyugati oldalán	keleti oldalán	sorszámai	fogyatkozásai					
	2°			d	h	m	megj.		
1	...	0	*	12403	1	3	13	k 2	
2		0	.	...	01423	1	5	35	v 2
3	..	0	*	3104	3	2	15	k 1	
4	.	.	0	*	3204				
5	*		0	..	30124				
6	..	0	*		13024	6	3	47	k 3
7	*	0	.	.	20134				
8	..	0	*	.	12043	8	5	48	k 2
9		0	..	.	01423				
10	..	0	.		4102	10	4	08	k 1
11	...	0	.		43201				
12	.	.	0	.	4302				
13	*	.	.	0	43102				
14	*	.	0	..	42013				
15	*	..	0	*	41203				
16	.	0	..	.	40123				
17	.	.	0	.	4102				
18	..	0	.		3201				
19	*	0	*		304				
20	.	.0	.	.	31024				
21	.	0	..	*	20134				
22	.	.	0	*	21034				
23		0	..	*	01234				
24	.	0	..	*	10234				
25	..	0	*		32014				
26	*	..0	.		32104	26	22	50	k 1
27	.	.	0	*	3402	26	23	59	k 2
28	*	.0	..		42031				
29	*	.	.	0	42103				
30	*	0	..	*	40123				
31	*	.	0	..	41032				

VI. A jupiterholdak helyzetei és fogyatkozásai (KözEI-ben)

Április							
Dátum	a holdak a bolygó			a holdak			
	nyugati oldalán	keleti oldalán	sorszámai	fogyatkozásai			
	0 ^h			d	h	m	megj.
1 0	34210				
2	.	. 0 .	34012	2	2	54	k 2
3		0 .	04	2	4	15	k 1
4	.	.0	21034				
5		0 ..	02134				
6	.	. 0 ..	10324				
7	..	0 .	23014				
8	.	.. 0	31204				
9	.	0 . .	30124				
10	..	0 .	31024	10	23	34	k 3
11	.	0 .	203	11	0	36	k 1
12	.	. 0 ..	40213	11	1	49	v 3
13	.	. 0 ..	41023				
14	.	.. 0 .	42301				
15	.	.. 0	43120				
16	.	. 0 . .	43012				
17	.	.. 0 .	43102				
18	..	0 .	42013	18	2	29	k 1
19	.	. 0 .	42013	18	3	31	k 3
20	.	0 . . .	10423				
21	..	0 .	23014				
22	.	.. 0	32104				
23	.	0 ..	30124				
24	..	0 .	31024				
25	.	0 . .	20134				
26	.	0 ..	2034	26	22	50	k 1
27	.	0 . . .	10423	26	23	59	k 2
28	..	0 .	4201				
29 0	43210				
30	.	. 0 ..	43021				

VI. A jupiterholdak helyzetei és fogyatkozásai (KözEI-ben)

Dátum	M á j u s									
	a holdak a bolygó					a holdak				
	nyugati oldalán		keleti oldalán			sorszámai	fogyatkozásai			
	22 ^b						d	h	m	megj.
1	.	..	0	.		43102				
2	.	.	0	.		42031				
3	.	..	0	.		42103				
4	.		0.	.	.	40123	4	0	44	k 1
5		.	0	..		4013	4	2	36	k 2
6		..	. 0			3210				
7	.		0	..	.	30214				
8		..	0	.	.	31024				
9		. .	0.	.	.	20314				
10		..	0	.	.	21034				
11			0	.	.	01234				
12			0	..	.	0234	12	21	06	k 1
13		..	.0	.	.	23104				
14	.		0...	.	.	30241				
15	.	..	0	.	.	34102				
16	.	.	0	.	.	4201				
17	.	..	0	.	.	42103				
18	.		0	.	.	40123				
19	.		.0	..	.	41023	19	22	59	k 1
20	.	.	0	.	.	4230				
21		..	0	.	.	3401	21	21	07	k 2
22		.	..	0	.	34102				
23			..0	..	.	23041	23	23	20	k 3
24		..	0	.	.	21034				
25			0	..	.	01234				
26		.	0	.	.	10234				
27	.	..	0	.	.	2304	27	0	53	k 1
28	.		.0.	.	.	32014	28	21	31	v 1
29	.	.	0	.	.	31024	29	2	07	v 2
30		..0	.	..	.	32014				
31		..	0	.	.	2103				

VI. A jupiterholdak helyzetei és fogyatkozásai (KözEI-ben)

Dátum	Június				
	a holdak a bolygó		a holdak		
	nyugati oldalán	keleti oldalán	sorozásmai	fogyatkozásai	
	21 ^b			d h m	megj.
1	. 0 .. *		40213		
2	. 0 . .		41023		
3	. . 0 .		42301		
4	. . 0		4320	4 23 25	v 1
5	. . 0 . *		43102		
6	. . 0 .		4301		
7	. . . 0 .		42103		
8	. 0 . . *		40213		
9	. 0 . . .		10423		
10	. 0 . . *		2014		
11	. . 0 . *		32104		
12	. 0 . . *		3024	12 1 20	v 1
13	. 0 . . *		30214		
14	. . 0 . *		21034		
15	. 0		02134	15 20 38	v 2
16	. 0 . . .		10423		
17	. . 0 . .		42031		
18	. . . . 0		43210		
19	. . . 0 . *		43012	19 3 14	v 1
20	. . . 0 . .		43012	20 21 42	v 1
21	. . . 0 .		42103		
22	. . . 0 . *		4013	22 23 15	v 2
23	. . . 0 . .		41023		
24	. . . 0 . .		42031		
25	. . . 0 .		32104		
26	. . . 0 . . .		30124		
27	. . . 0 . . *		3024	27 23 37	v 1
28	. . 0 . . *		21034	28 21 34	v 3
29	. 0 . . . *		20134		
30	. 0 . . . *		10234		

VI. A jupiterholdak helyzetei és fogyatkozásai (KözEI-ben)

Dátum	Július							
	a holdak a bolygó			a holdak				
	nyugati oldalon	keleti oldalon		sorszámai	fogyatkozásai			
	21 ^h				d	h	m	megj.
1		.0	..		20314	5 23 11	k 3	
2		...	0		23104			
3	*		0.	..	30412			
4		*	*	.0	34102			
5		*	*	0	420			
6	*		.	.0	42013			
7	*		.	0	41023			
8	*		.	.0	42013			
9	*		.	..	0			42130
10		..		0	..			34021
11		*		..	0	34102		
12			.	.0.	..	23014		
13			.	0		2034	13 21 55	v 1
14			.	0		10234		
15			.	0	..	0134		
16	0		21304		
17		*		0	..	30214		
18		*		.	0	31024		
19			..	0	.	23014		
20		*		.0		2403	20 23 50	v 1
21		*		.0		41023		
22	*		.	0	..	40213		
23	*		.	.	.0	42130		
24	*	*		.	0.	43021	24 22 59	v 2
25	*	*	*	.	0	43102		
26	*		..	0	.	43201		
27	0	42103		
28			.	.0		4023	29 20 14	v 1
29			.	0	..	01243		
30		.	.	0		2104		
31	*		.	0		3014		

VI. A jupiterholdak helyzetei és fogyatkozásai (KözEI-ben)

Datum	A u g u s z t u s				
	a holdak a bolygó			a holdak	
	nyugati oldalán	keleti oldalán		sorszámai	fogyatkozásai
	21 ^h				d h m megj.
1	. . . 0			31024	
2	. . . 0			32014	
3	. . . 0			21034	
4	. . . 0			01234	
5	. . . 0			0423	5 22 09 v 1
6	. . . 0			24103	
7	. . . 0			43201	
8	. . . 0			43102	
9	. . . 0			43201	
10	. . . 0			42103	10 21 32 v 3
11	. . . 0			40123	
12	. . . 0			4023	
13	. . . 0			24103	
14	. . . 0			32041	
15	. . . 0			31024	
16	. . . 0			3014	
17	. . . 0			21034	
18	. . . 0			02134	18 20 06 v 2
19	. . . 0			10234	
20	. . . 0			2034	
21	. . . 0			32014	21 20 28 v 1
22	. . . 0			31042	
23	. . . 0			34021	
24	. . . 0			42130	
25	. . . 0			40213	25 20 17 k 2
26	. . . 0			41023	
27	. . . 0			42013	
28	. . . 0			42301	
29	. . . 0			43102	
30	. . . 0			34021	
31	. . . 0			21304	

VII. A Mars és a Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus

0 ^h világidőkor		Mars	Jupiter		Szaturnusz	
			I.	II.	a	b
		°	°	°	"	"
Január	4	267	247	59	37,41	10,79
	8	227	158	299	37,64	10,91
	12	187	69	180	37,89	11,02
	16	147	340	61	38,14	11,13
	20	107	251	301	38,40	11,23
	24	68	162	182	38,66	11,33
Február	28	28	74	63	38,93	11,43
	1	348	345	303	39,20	11,52
	5	308	256	184	39,47	11,60
	9	268	168	65	39,74	11,68
	13	228	79	306	40,01	11,75
	17	188	351	187	40,27	11,81
Március	21	148	262	68	40,54	11,87
	25	108	174	309	40,79	11,92
	1	69	85	190	41,04	11,95
	5	29	357	71	41,28	11,98
	9	349	268	312	41,50	12,00
	13	309	180	193	41,72	12,01
Április	17	269	92	75	41,91	12,01
	21	230	4	316	42,10	12,01
	25	190	276	197	42,26	11,99
	29	150	187	79	42,41	11,96
	2	111	99	320	42,53	11,92
	6	71	11	201	42,63	11,88
Május	10	32	283	83	42,72	11,82
	14	352	195	324	42,77	11,76
	18	313	107	206	42,81	11,69
	22	274	20	88	42,82	11,61
	26	234	292	329	42,81	11,53
	30	195	204	211	42,77	11,44
Június	4	156	116	92	42,71	11,35
	8	117	28	334	42,63	11,25
	12	78	300	216	42,52	11,16
	16	38	212	97	42,40	11,06
	20	359	125	339	42,25	10,96
	24	320	37	221	42,09	10,86
	28	281	309	102	41,91	10,77
	1	242	221	344	41,71	10,67
	5	203	133	225	41,50	10,58
	9	164	45	107	41,28	10,49
	13	125	317	348	41,05	10,41
	17	87	229	230	40,80	10,33
	21	48	141	111	40,55	10,25
	25	9	53	353	40,29	10,19
	29	330	325	234	40,03	10,12

A megadott planetografikus hosszúságok a bolygó forgási tengelyével definiált koordinátákat adják meg; a Szaturnusz gyűrűjére megadott *a* és *b* a gyűrű látszólagos nagy- és kistengelyét jelenti.

hosszúsága és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag

0 ⁿ világidőkor		Mars	Jupiter		Szaturnusz	
			I.	II.	a	b
		°	°	°	"	"
Július	3	291	236	115	39,76	10,07
	7	252	148	356	39,50	10,01
	11	213	60	237	39,23	9,97
	15	174	331	118	38,96	9,93
	19	135	243	359	38,69	9,90
	23	97	154	240	38,43	9,87
	27	58	66	121	38,17	9,86
	31	19	337	2	37,92	9,84
Augusztus	4	340	248	243	37,67	9,84
	8	301	159	123	37,43	9,83
	12	262	71	4	37,19	9,84
	16	223	342	245	36,97	9,85
	20	184	253	125	36,75	9,87
	24	145	164	6	36,54	9,89
	28	106	75	246	36,34	9,92
Szept.	1	67	346	127	36,15	9,95
	5	29	257	7	35,98	9,99
	9	350	167	247	35,81	10,03
	13	311	78	128	35,65	10,08
	17	272	349	8	35,51	10,13
	21	232	260	248	35,37	10,18
	25	193	170	128	35,25	10,24
	29	154	81	8	35,14	10,31
Október	3	115	352	249	35,05	10,37
	7	76	263	129	34,96	10,44
	11	37	173	9	34,89	10,52
	15	358	84	249	34,83	10,60
	19	319	354	129	34,78	10,68
	23	280	265	9	34,75	10,77
	27	241	176	249	34,73	10,85
	31	202	86	129	34,72	10,94
November	4	163	357	10	34,73	11,04
	8	124	268	250	34,75	11,13
	12	85	178	130	34,78	11,23
	16	46	89	10	34,83	11,34
	20	7	359	250	34,89	11,44
	24	328	270	130	34,96	11,55
	28	289	181	10	35,04	11,65
December	2	250	91	250	35,14	11,76
	6	211	2	130	35,25	11,88
	10	173	273	11	35,37	11,99
	14	134	183	251	35,51	12,11
	18	95	94	131	35,66	12,22
	22	56	5	11	35,82	12,34
	26	18	275	251	35,99	12,46
	30	339	186	132	36,17	12,58

A Jupiter esetében az *I.* és *II.* adatok nagyjából a bolygó egyenlítő környéki sávjára, illetve a bolygófelület egyéb helyeire vonatkoznak.

VIII. Bolygókorongok megvilágításának adatai

Dátum	Merkur		Vénusz		Mars	
	K	I	K	I	K	I
	%	°	%	°	%	°
I. 1	55	84	97	19	95	25
11	11	142	96	22	96	24
21	9	146	95	26	96	22
31	41	100	94	29	97	21
II. 10	63	71	92	33	97	19
20	76	58	90	36	98	18
III. 2	85	45	88	40	98	16
12	93	31	86	44	98	14
22	99	13	84	48	99	13
IV. 1	97	19	81	52	99	11
11	75	60	77	56	99	9
21	40	102	75	61	100	7
V. 1	13	138	71	65	100	6
11	1	174	67	70	100	4
21	6	152	63	75	100	2
31	22	124	58	81	100	1
VI. 10	41	100	53	87	100	1
20	64	74	47	93	100	3
30	88	39	41	100	100	5
VII. 10	99	8	34	109	100	6
20	91	34	26	118	100	8
30	78	55	17	131	99	10
VIII. 9	66	71	9	146	99	12
19	52	87	2	163	99	14
29	34	108	2	165	98	15
IX. 8	12	141	7	149	98	17
18	3	164	16	133	97	19
28	35	108	25	120	97	21
X. 8	77	58	33	110	96	22
18	95	25	40	102	96	24
28	100	5	46	94	95	26
XI. 7	99	10	52	88	94	28
17	96	22	57	82	94	29
27	91	36	61	77	93	31
XII. 7	78	56	65	72	92	32
17	51	89	69	68	92	33
27	9	147	73	63	91	34

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada

I: a bolygó centrumából nézve a Nap és a Föld látszólagos szögtávolsága

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1983,0	D 1983,0	spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
α	And	+2,2	136	00 07 30,3	+28 59 48	B8	III
β	Cas	2,4	45	08 15,8	+59 03 22	F2	IV
γ	Peg	2,9	570	12 21,5	+15 05 21	B2	IV
ι	Cet	3,8	325	18 33,6	-08 55 05	K2	III
β	Hyi	2,9	21	24 52,6	-77 21 00	G1	IV
α	Phe	2,4	93	25 26,7	-42 23 54	K0	III
ζ	Cas	3,7	820	36 01,0	+53 48 13	B2,5	IV
δ	And	3,5	140	38 24,9	+30 46 06	K3	III
α	Cas	2,5	150	39 32,1	+56 26 40	K0	II
β	Cet	2,2	62	42 44,1	-18 04 47	K1	III
η	Cas	3,6	19	48 03,6	+57 43 34	G0	V
γ	Cas	1,6v	96	55 40,3	+60 37 30	B0	IV
μ	And	3,9	102	55 48,3	+38 24 27	A5	V
η	Cet	3,6	88	01 07 44,0	-10 16 20	K3	III
β	And	2,4	76	08 46,5	+35 31 51	M0	III
θ	Cet	3,8	96	23 10,3	-08 16 15	K0	III
δ	Cas	2,8	115	24 41,6	+60 08 51	A5	V
η	Psc	3,7	180	30 34,2	+15 15 31	G8	III
51	And	3,8	155	36 56,5	+48 32 33	K3	III
α	Eri	0,6	140	37 05,0	-57 19 22	B5	IV
τ	Cet	3,7	12	43 16,6	-16 01 36	G8	V
ζ	Cet	3,9	135	50 37,2	-10 25 07	K2	III
α	Tri	3,6	65	52 06,5	+29 29 48	F6	IV
ε	Cas	3,4	520	53 09,5	+63 35 14	B3	III
β	Ari	2,7	52	53 41,8	+20 43 31	A5	V
α	Hyi	3,0	80	58 14,1	-61 39 08	F0	V
γ	And	2,3	260	02 02 51,0	+42 14 56	K3	II
α	Ari	2,2	76	06 12,7	+23 22 57	K2	III
β	Tri	3,1	270	08 31,6	+34 54 27	A5	III
α	UMi	2,1	680	14 31,2	+89 11 15	F8	Ib
0	Cet	2,0v	250	18 29,1	-03 03 15	gM6e	
γ	Cet	3,6	68	42 25,1	+03 09 53	A2	
41	Ari	3,7	105	48 58,7	+27 11 28	B8	
η	Per	4,0	820	49 26,8	+55 49 33	K31b	+ B9 V
θ	Eri	3,4	120	57 36,9	-40 22 21	A3	V
α	Cet	2,8	1100	03 01 23,3	+04 01 25	M2	III
γ	Per	3,1	300	03 33,4	+53 26 27	G8	III + A3
ϱ	Per	3,3v	410	04 04,9	+38 46 31	M4	II-III
β	Per	2,2v	88	07 03,4	+40 53 28	B8	V
α	For	4,0	47	11 20,9	-29 03 13	F8	IV

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1983,0	D 1983,0	spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
α	Per	+1,9	115	03 23 06,1	+49 48 06	F5	Ib
0	Tau	3,8	300	23 53,8	+08 58 11	G8	III
ξ	Tau	3,8	190	26 14,7	+09 40 27	B8	V
ε	Eri	3,8	11	32 07,7	-09 30 55	K2	V
δ	Per	3,1	450	41 42,5	+47 44 03	B5	III
δ	Eri	3,7	30	42 25,9	-09 49 13	K0	IV
0	Per	3,9	200	43 14,9	+32 14 07	B1	III
17	Tau	3,8	170	43 51,8	+24 03 39	B6	III
v	Per	3,9	230	44 02,0	+42 31 33	F5	II
η	Tau	3,0	650	46 28,2	+24 03 12	B7	III
27	Tau	3,8	300	48 08,9	+24 00 08	B8	III
ζ	Per	2,9	450	53 03,6	+31 50 03	B1	Ib
ε	Per	3,0	1100	56 42,5	+39 57 43	B0,5	V
γ	Eri	3,2	1100	57 14,1	-13 33 22	M0	III
λ	Tau	3,8 _v	450	59 44,2	+12 26 35	B3	V + A4 IV
v	Tau	3,9	150	04 02 15,0	+05 56 35	A1	V
48	Per	4,0	220	07 25,3	+47 40 06	B3p	
γ	Tau	3,9	130	18 49,4	+15 35 15	K0	III
δ	Tau	3,9	200	21 57,1	+17 30 13	K1	III
ε	Tau	3,6	180	27 37,3	+19 08 37	K0	III
θ^2	Tau	3,6	130	27 41,4	+15 50 03	A7n	IV
α	Tau	1,1	68	34 56,6	+16 28 34	K5	III
53	Eri	4,0	91	37 24,0	-14 20 12	K0	
π^3	Ori	3,3	26	48 54,9	+06 55 57	F6	V
π^4	Ori	3,8	1600	50 17,9	+05 34 37	B2	III
π^5	Ori	3,9	1600	53 21,8	+02 24 49	B2	III
ι	Aur	2,9	220	55 53,0	+33 08 25	K3	II
ε	Aur	3,1 _v	800	05 00 44,7	+43 47 58	F0p	Ia
ζ	Aur	3,9	1600	01 17,2	+41 03 08	K5	II + B
ε	Lep	3,3	550	04 44,4	-22 23 35	K5	III
η	Aur	3,3	250	05 19,2	+41 12 46	B3	V
β	Eri	2,9	78	07 00,7	-05 06 27	A3	III
β	Ori	0,3	1100	13 43,2	-08 13 14	B8	Ia
α	Aur	0,2	45	15 25,8	+45 58 55	G8	III + F
τ	Ori	3,7	400	16 46,8	-06 51 43	B5	III
η	Ori	3,4	820	23 37,3	-02 24 43	B0,5	V
γ	Ori	1,7	126	24 13,1	+06 20 07	B2	III
β	Tau	1,8	170	25 12,9	+28 35 39	B7	III
β	Lep	3,0	235	27 30,9	-20 46 20	G5	III
δ	Ori	2,5	800	31 08,2	-00 18 39	O9,5	II

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1983,0	D 1983,0	spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
α	Lep	+2,7	1600	05 31 58,7	—17 50 01	F0	Ib
λ^1	Ori	3,7	550	34 12,0	+09 55 25	O8 +	B0,5 V
ι	Ori	2,9	150	34 36,0	—05 55 13	O9	III
ε	Ori	1,8	1600	35 21,0	—01 12 43	B0	Ia
ζ	Tau	3,0	540	36 37,6	+21 07 59	B2p	III
σ	Ori	3,8	1600	37 53,5	—02 36 32	O9,5	V
α	Col	2,8	150	39 01,9	—34 04 57	B8e	V
ζ^1	Ori	2,1	150	39 54,0	—01 57 03	O9,5	Ib
γ	Lep	3,8	27	43 45,2	—22 27 12	F6	V
κ	Ori	2,2	365	46 56,9	—09 40 30	B0,5	Ia
δ	Lep	3,9	150	50 35,3	—20 52 48	G8	III
α	Ori	0,1 _v	650	54 15,0	+07 24 17	M2	Iab
η	Lep	3,8	53	55 37,7	—14 10 12	F0	V
δ	Aur	3,9	165	58 07,6	+54 17 05	K0	III
β	Aur	2,1	88	58 16,8	+44 56 49	A2	V
θ	Aur	2,7	180	58 33,7	+37 12 45	B9,5p	V
η	Gem	3,2 _v	250	06 13 51,0	+22 30 46	M3	III
ζ	CMa	3,1	250	19 39,6	—30 03 19	B2,5	V
μ	Gem	3,2	205	21 55,9	+22 31 24	M3	III
β	CMa	2,0	235	21 57,0	—17 56 49	B1	II—III
α	Car	—0,9	190	23 34,5	—52 41 10	F0	Ib—II
γ	Gem	+1,9	91	36 43,8	+16 24 53	A1	IV
ε	Gem	3,2	360	42 53,2	+25 08 56	G8	Ib
ξ	Gem	3,4	64	44 20,1	+12 54 53	F5	IV
α	CMa	—1,6	9	44 23,9	—16 41 32	A1	V
τ	Pup	+2,8	130	49 30,8	—50 35 39	K0	III
θ	Gem	3,6	155	51 40,1	+33 58 58	A3	III
ε	CMa	1,6	680	57 57,4	—28 56 54	B2	II
σ^2	CMa	3,1	470	07 02 18,8	—23 48 28	B3	Ia
ζ	Gem	3,7 _v	800	03 06,0	+20 35 46	F7	Ib
δ	CMa	2,0	1100	07 41,9	—26 21 56	F8	Ia
π	Pup	2,7	140	16 32,5	—37 03 59	K4	III
λ	Gem	3,7	80	17 06,9	+16 34 19	A3	V
δ	Gem	3,5	55	19 06,5	+22 00 53	F0	IV
η	CMa	2,4	270	23 25,3	—29 16 10	B5	Ia
ι	Gem	3,9	105	24 40,3	+27 49 58	K0	III
β	CMi	3,1	180	26 13,7	+08 19 28	B8e	V
α	Gem	2,0 _v	49	33 30,9	+31 55 36	A1	V + Alm
α	CMi	0,5	12	38 24,7	+05 16 10	F5	IV—V
κ	Gem	3,7	130	43 25,3	+24 26 23	G8	III

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1983,0	D 1983,0	spektrum
		magn.	fényév	h m s	° ' "	
β	Gem	+1,2	35	07 44 16,6	+28 04 05	K0 III
ξ	Pup	3,5	1100	48 34,7	—24 48 59	G3 Ib
ζ	Pup	2,3	800	08 02 59,2	—39 57 17	O5f
ϱ	Pup	2,9	105	06 49,1	—24 15 17	F6p II
γ	Vel	1,9	550	09 00,5	—47 17 10	WC7 + B1 IV
β	Cnc	3,8	230	15 35,6	+09 14 19	K4 III
ε	Car	1,7	330	22 10,0	—59 27 16	K0 II + B
Br 1197	Hya	4,0	170	24 48,6	—03 51 01	A0
σ	UMa	3,5	800	28 51,7	+60 46 34	G5 II—III
α	Pyx	3,7	460	42 54,5	—33 07 28	B1,5 III
δ	Vel	2,0	76	44 14,1	—54 38 44	A0 V
ε	Hya	3,5	250	45 52,6	+06 28 55	G0 III + gF7
ζ	Hya	3,3	115	54 29,7	+06 00 39	K0 II—III
ι	UMa	3,1	49	58 02,9	+48 06 33	A7 V
κ	UMa	3,7	330	09 02 28,2	+47 13 29	A1n V
λ	Vel	2,2	220	07 22,2	—43 21 48	K4 Ib—IIa
β	Car	1,8	86	13 01,2	—69 38 49	A1 V
θ	Hya	3,8	170	13 28,8	+02 23 12	B9,5p V
ι	Car	2,3	300	16 38,1	—59 12 13	F0 Ib
38	Lyn	3,8	99	17 47,4	+36 52 31	A3 V
α	Lyn	3,3	155	20 01,3	+34 27 54	M0 III
α	Hya	2,2	190	26 45,1	—08 35 04	K3 III
23	UMa	3,8	96	30 12,0	+63 08 13	F0
M	Vel	3,0	220	30 42,3	—56 57 33	K3 III
θ	UMa	3,3	63	31 43,5	+51 45 20	F6 IV
σ	Leo	3,8	120	40 14,6	+09 58 13	A5 V + F8 III
ε	Leo	3,1	340	44 53,3	+23 51 11	G0 II
ν	UMa	3,9	91	49 47,4	+59 07 10	F2 IV
η	Leo	3,6	1600	10 06 24,4	+16 50 45	A0 Ib
α	Leo	1,3	84	07 28,0	+12 03 03	B7 V
λ	Hya	3,8	155	09 45,5	—12 16 11	K0 III
ζ	Leo	3,7	360	15 44,8	+23 30 09	F0 III
λ	UMa	3,5	155	16 04,5	+42 59 59	A2 IV
γ^1	Leo	2,6	170	19 02,2	+19 55 40	K0 III / G7 III
μ	UMa	3,2	105	21 19,2	+41 35 07	M0 III
σ	Leo	3,9	650	31 55,0	+09 23 40	B1 Ib
θ	Car	3,0	470	42 20,8	—64 18 18	O9,5 V
μ	Vel	2,8	150	46 02,1	—49 19 48	G5 III
ν	Hya	3,3	150	48 47,1	—16 06 16	K2 III
46	LMi	3,9	190	52 21,8	+34 18 24	K1 III—IV

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1983,0	D 1983,0	spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
β	UMa	+2,4	78	11 00 49,3	+56 28 25	A1	V
α	UMa	2,0	105	02 41,3	+61 50 34	K0	III
ψ	UMa	3,2	93	08 42,6	+44 35 27	K1	III
δ	Leo	2,6	82	13 12,3	+20 37 01	A4	V
θ	Leo	3,4	170	13 20,9	+15 31 21	A2	V
ν	UMa	3,7	230	17 33,7	+33 11 14	K3	III
δ	Crt	3,8	170	18 29,3	-14 41 11	G8	III—IV
ι	Leo	4,0	69	23 02,3	+10 37 23	F2	IV
ξ	Hya	3,7	170	32 09,8	-31 45 48	G7	III
χ	UMa	3,9	230	45 09,4	+47 52 25	K0	III
β	Leo	2,2	43	48 11,5	+14 40 02	A3	V
β	Vir	3,8	33	49 48,5	+01 51 38	F8	V
γ	UMa	2,5	165	52 56,4	+53 47 21	A0	V
δ	Cen	2,9	165	12 07 28,3	-50 37 40	B2e	V
ϵ	Crv	3,2	165	09 14,8	-22 31 31	K2	III
δ	Cru	3,1	550	14 14,1	-58 39 15	B2	IV
δ	UMa	3,4	63	14 35,3	+57 07 37	A3	V
γ	Crv	2,8	135	14 55,7	-17 26 51	B8	III
η	Vir	4,0	330	19 02,1	-00 34 21	A2	V
α	Cru A	1,6	400	25 38,7	-63 00 17	B1	IV + B1V
γ	Cru	1,6	220	30 12,9	-57 01 05	M3	II
κ	Dra	3,9	330	32 45,7	+69 52 54	B5e	III
β	Crv	2,8	120	33 29,5	-23 18 10	G5	III
α	Mus	2,9	220	36 09,4	-69 02 31	B3	IV
γ	Cen	2,4	330	40 34,4	-48 51 59	A0	III
γ	Vir	3,7v	35	40 47,8	-01 21 23	F0	V + F0 V
β	Cru	1,5	470	46 43,1	-59 35 45	B0,5	IV
ϵ	UMa	1,7	400	53 17,0	+56 03 07	A0p	V
δ	Vir	3,7	190	54 44,7	+03 29 23	M3	III
α	CVn	2,9	140	55 14,0	+38 24 36	B9,5p	I + F0 V
ϵ	Vir	3,0	91	13 01 19,8	+11 03 01	G9	II—III
γ	Hya	3,3	155	17 59,6	-23 04 56	G8	III
ι	Cen	2,9	73	19 38,2	-36 37 23	A2	V
ζ	UMa	2,4	88	23 14,5	+55 00 50	A2	V + A2 V
α	Vir	1,2	170	24 17,7	-11 04 23	B1	V + B3 V
ζ	Vir	3,4	93	33 49,5	-00 30 34	A3	V
ϵ	Cen	2,6	270	38 48,1	-53 22 49	B1	V
η	UMa	1,9	115	46 52,2	+49 23 52	B3	V
η	Boo	2,8	32	53 52,4	+18 28 57	G0	IV
ζ	Cen	3,1	250	54 28,3	-47 12 18	B2	IV

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1983,0	D 1983,0	spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
β	Cen	+0,9	200	14 02 36,8	—60 17 30	B1	II
α	Dra	3,6	300	03 55,6	+64 27 24	A0	III
π	Hya	3,5	84	05 23,9	—26 36 03	K2	III
θ	Cen	2,3	55	05 40,6	—36 17 13	K0	III—IV
α	Boo	0,2	36	14 53,1	+19 16 14	K2p	III
ϱ	Boo	3,8	130	31 05,8	+30 26 44	K3	III
γ	Boo	3,0	200	31 23,5	+38 22 56	A7	III
η	Cen	2,7	270	34 25,3	—42 05 02	B1,5ne	V
α	Cen	0,3 _v	4	38 26,2	—60 45 57	G2	V + K5 V
ζ	Boo	3,9	470	40 20,1	+13 48 02	A2	III
α	Lup	2,9	360	40 47,5	—47 18 57	B1	III
μ	Vir	4,0	84	42 09,7	—05 35 06	F3	IV
ε	Boo	2,7	250	44 14,6	+27 08 43	Ko	II—III + A2 V
109	Vir	3,8	110	45 23,2	+01 57 50	A0	V
α^2	Lib	2,9	67	49 56,1	—15 58 18	A3	IV
β	UMi	2,2	105	50 44,5	+74 13 30	K4	III
β	Lup	2,8	270	57 24,7	—43 03 59	B2	IV
β	Boo	3,6	150	15 01 18,2	+40 27 25	G8	III
σ	Lib	3,4	58	03 04,3	—25 12 57	M4	III
δ	Boo	3,5	115	14 48,9	+33 22 39	G8	III
β	Lib	2,7	150	16 05,4	—09 19 15	B8	V
γ	TrA	3,1	650	17 18,3	—68 37 04	A1	V
φ^1	Lup	3,6	400	20 43,3	—36 12 02	K5	III
γ	UMi	3,1	180	20 44,7	+71 53 40	A3	II—III
ι	Dra	3,5	100	24 32,9	+59 01 31	K2	III
β	CrB	3,7	105	27 07,6	+29 09 49	F0p	III
α	CrB	2,3	76	33 58,0	+26 46 17	A0	V
γ	Lup	3,0	400	34 00,1	—41 06 38	B2n	V
ν	Lib	3,8	88	35 59,3	—28 04 47	K3	III
γ	CrB	3,9	125	42 01,6	+26 20 56	A1s	V
α	Ser	2,8	71	43 25,7	+06 28 42	K2	III
β	Ser	3,7	96	45 24,1	+15 28 28	A3	V
μ	Ser	3,6	3000	48 43,8	—03 22 44	A0	V
ε	Ser	3,8	99	49 58,0	+04 31 41	A2m	V
γ	Ser	3,9	41	55 39,9	+15 42 59	F6	V
π	Sco	3,0	650	57 49,2	—26 03 58	B1	V + B2
δ	Sco	2,5	71	59 19,5	—22 34 27	B0	V
β	Sco	2,9	800	16 04 26,7	—19 45 35	B0,5	V + B2 V
δ	Oph	3,0	130	13 27,1	—03 39 05	M1	III
ε	Oph	3,3	91	17 25,2	—04 39 07	G9	III

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1983,0		D 1983,0		spektrum	
		magn.	fényév	h	m	s	°	'	"
τ	Her	+3,9	120	16	19	13,6	+46	21	12
σ	Sco	3,0 _v	360	20	09,1		-25	33	11
γ	Her	3,8	220	21	10,1		+19	11	32
η	Dra	2,9	76	23	45,4		+61	33	09
α	Sco	1,2	170	28	21,7		-26	23	43
							M1	Ia	+ dB4
β	Her	2,8	190	29	29,2		+21	31	33
λ	Oph	3,9	3000	30	03,2		+02	01	13
τ	Sco	2,9	230	34	49,3		-28	10	54
ζ	Oph	2,7	550	36	13,2		-10	32	01
ζ	Her	3,0	32	40	38,6		+31	37	59
							G0	IV	
η	Her	3,6	62	42	18,7		+38	57	15
α	TrA	1,9	140	46	51,3		-68	59	53
ε	Sco	2,4	67	49	03,5		-34	15	49
κ	Oph	3,4	126	56	51,7		+09	24	02
ζ	Ara	3,1	91	57	12,5		-55	57	53
							K5	III	
ε	Her	3,9	150	59	38,2		+30	57	03
ζ	Dra	3,2	190	17	08	44,0	+65	44	08
η	Oph	2,6	69	09	24,0		-15	42	17
α	Her	3,5	550	13	52,3		+14	24	32
δ	Her	3,2	96	14	19,9		+23	51	31
							A3 _n	V	+ G5 II
π	Her	3,4	165	14	27,2		+36	49	40
θ	Oph	3,4	400	20	57,8		-24	59	01
β	Ara	2,8	126	23	53,0		-55	30	55
β	Dra	3,0	360	30	02,8		+52	18	49
α	Ara	3,0	3000	30	31,5		-49	51	50
							B2,5	V	
λ	Sco	1,7	270	32	27,1		-37	05	33
α	Oph	2,1	58	34	08,6		+12	34	18
θ	Sco	2,0	165	36	05,7		-42	59	17
ι	Her	3,8	1600	38	59,0		+46	00	54
κ	Sco	2,5	360	41	18,5		-39	01	21
							B2	IV	
β	Oph	2,9	126	42	37,9		+04	34	25
μ	Her	3,5	28	45	47,5		+27	43	48
γ	Oph	3,7	102	47	02,3		+02	42	46
G	Sco	3,3	102	48	42,0		-37	02	20
ξ	Dra	3,9	105	53	13,9		+56	52	30
							K2	III	
θ	Her	4,0	400	55	40,1		+37	15	08
γ	Dra	2,4	165	56	12,6		+51	29	26
ξ	Her	3,8	220	57	06,2		+29	14	57
ν	Oph	3,5	220	58	05,3		-09	46	21
67	Oph	4,0	3000	59	47,5		+02	55	53
							B5	Ib	

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1983,0	D 1983,0	spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
γ	Sgr	+3,1	180	18 04 42,9	—30 25 31	K0	III
72	Oph	3,7	88	06 32,5	+09 33 38	A4s	IV
0	Her	3,8	250	06 52,7	+28 45 34	B9,5	V
δ	Sgr	2,8	84	19 54,3	—29 50 11	K2	III
η	Ser	3,4	60	20 25,7	—02 54 15	K0	III—IV
χ	Dra	3,7	25	21 21,7	+72 43 33	F7	V
109	Her	3,9	135	22 58,3	+21 45 40	K2	III
ε	Sgr	2,0	220	23 02,6	—34 23 38	A0	V
λ	Sgr	2,9	71	26 55,2	—25 25 56	K2	III
α	Lyr	0,1	27	36 21,7	+38 46 02	A0	V
β	Lyr	3,4v	1100	49 27,0	+33 20 32	Bpe	
σ	Sgr	2,1	155	54 12,6	—26 19 08	B2	V
R	Lyr	4,0v	550	54 49,0	+43 55 24	M5	III
ξ^2	Sgr	3,6	550	56 42,9	—21 07 48	K1	III
γ	Lyr	3,3	300	58 18,4	+32 39 56	B9	III
ζ	Sgr	2,7	170	19 01 31,8	—29 54 20	A2	III
ζ	Aql	3,0	91	04 37,6	+13 50 15	B9,5n	V
λ	Aql	3,6	130	05 20,7	—04 54 32	B9n	V
π	Sgr	3,0	200	08 45,1	—21 03 06	K1	III
δ	Dra	3,2	115	12 43,1	+67 37 54	G9	III
κ	Cyg	4,0	180	16 42,5	+53 20 12	G9	III
δ	Aql	3,4	49	24 38,4	+03 04 48	F0	IV
ι	Cyg	3,9	200	29 16,6	+51 41 35	A5n	V
β	Cyg	3,2	330	30 02,1	+27 55 24	K3	II + B0 V
δ	Cyg	3,0	155	44 26,5	+45 05 20	B9,5	III
γ	Aql	2,8	550	45 27,0	+10 34 16	K3	II
δ	Sge	3,8	400	46 37,7	+18 29 30	M2	II + A0 V
ε	Dra	4,0	330	48 14,1	+70 13 29	G8	III
α	Aql	0,9	17	49 57,2	+08 49 22	A7	IV—V
η	Aql	3,7v	650	51 36,3	+00 57 40	F6	Vb
β	Aql	3,9	49	54 28,6	+06 21 49	B8	IV
η	Cyg	4,0	360	55 40,0	+35 02 16	K0	III
γ	Sge	3,7	300	58 00,0	+19 26 43	K5	III
θ	Aql	3,4	400	20 10 25,6	—00 52 22	B9,5	III
310 ²	Cyg	4,0	400	13 05,7	+46 41 22	K3	Ib + A3
α^2	Cap	3,8	99	17 06,6	—12 35 54	G9	III
γ	Cyg	2,3	550	21 37,0	+40 12 06	F8	Ib
α	Pav	2,1	230	24 18,6	—56 47 26	B3	IV
ε	Del	4,0	200	32 24,0	+11 14 42	B6	III
β	Del	3,7	126	46 45,0	+14 32 07	F5	IV

IX. Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag	m	r	RA 1983,0	D 1983,0	spektrum	
	magn.	fényév	h m s	° ' "		
α Del	+3,9	1600	20 38 50,8	+15 51 05	B9	V
α Cyg	1,3	800	40 51,0	+45 13 09	A2	Ia
η Cep	3,6	46	44 56,7	+61 46 21	Ko	IV
ε Cyg	2,6	74	45 31,3	+33 54 22	K0	III
ε Aqr	3,8	220	46 45,3	-09 33 31	A2	V
ξ Cyg	3,9	1600	21 04 18,6	+43 51 35	K5	Ib
ζ Cyg	3,4	155	12 12,6	+30 09 24	G8	II
τ Cyg	3,8	71	14 06,6	+37 58 21	F0	IV
α Cep	2,6	52	18 10,4	+62 30 48	A7	IV—V
ζ Cap	3,9	550	25 41,9	-22 29 08	G4p	Ib
β Cep	3,3	650	28 26,6	+70 29 10	B2	III
β Aqr	3,1	1100	30 39,8	-05 38 48	G0	Ib
γ Cap	3,8	130	39 09,0	-16 44 23	F0p	III
ε Peg	2,5	820	43 21,0	+09 47 48	K2	Ib
δ Cap	3,0	50	45 06,2	-16 12 18	A6m	
γ Gru	3,2	400	52 54,1	-37 26 43	B8	III
α Aqr	3,2	1100	22 04 54,6	-00 24 10	G2	Ib
ι Peg	4,0	44	06 13,1	+25 15 42	F5	V
α Gru	2,2	64	07 10,0	-47 02 38	B5	V
θ Peg	3,7	78	09 20,5	+06 06 50	A3n	V
ζ Cep	3,6	165	10 15,7	+58 07 02	K1	Ib
α Tuc	2,9	170	17 20,9	-60 20 42	K3	III
γ Aqr	4,0	82	20 46,6	-01 28 24	A9	III
δ Cep	3,7 _v	650	28 32,2	+58 19 41	F5	Ib
α Lac	3,9	91	30 35,2	+50 11 42	A1	V
ζ Peg	3,6	190	40 36,8	+10 44 32	B8	V
β Gru	2,2	1100	41 39,4	-46 58 26	M5	III
η Peg	3,1	230	42 12,2	+30 07 56	G8	II—III + F0
ι Cep	3,7	91	49 04,2	+66 06 39	K1	III
μ Peg	3,7	102	49 10,8	+24 30 42	G8	III
λ Aqr	3,8	270	51 43,6	-07 40 13	M2	III
δ Aqr	3,5	84	53 44,9	-15 54 41	A3	V
α PsA	1,3	23	56 42,8	-29 42 46	A3	V
0 And	3,5 _v	470	23 01 08,1	+42 14 04	B5	III + A2p
β Peg	2,1 _v	220	02 56,8	+27 59 26	M2	II—III
α Peg	2,6	110	03 54,7	+15 06 49	B9	V
88 Aqr	3,8	650	08 32,4	-21 15 54	K2	II
γ Psc	3,9	130	16 17,0	+03 11 21	G8	III
λ And	4,0	76	36 43,6	+46 21 58	G8	III—IV
γ Cep	3,4	51	38 38,3	+77 32 15	K1	IV

Kiegészítő tudnivalók a táblázatokhoz

(a táblázatokban nem közölt jelölések magyarázatai)

- „RA” és „D”: az I., IV. és IVa. táblázatokban rektaszecenziót, illetve deklinációt jelent. A koordináták 1983-ra vonatkoznak.
- „Csillagidő” az I. táblázatban a greenwichi meridiánra, azaz a zero földrajzi hosszúságra vonatkozik.
- „m”: a IV. és IVa. táblázatokban magnitúdókban megadott vizuális, lát-szólagos fényességeket jelent.
- „cs.e.”: alatt a IV. és IVa. táblázat „r” oszlopában a bolygók geocentrikus távolságai szerepelnek, csillagászati egységben.
- „sp”: a IX. táblázatban a Harvard- és a Morgan—Keenan-féle klasszifikáció alapján a kétdimenziós színképtáblázatot jelenti.

FIGYELEM!

A nyári időszámítás tartama alatt a táblázatok közép-európai zónaidőben megadott időadatait +1 órával korrigálni kell!

A CSILLAGOS ÉG 1983-BAN (Időpontok KözEI-ben*)

Január

Bolygók

Merkur: 6-ig előretartó, 6-tól 27-ig hátráló, utána újból előretartó mozgást végez. 13-ig a Bak, utána a Nyilas csillagképben tartózkodik. A hó első napjaiban még másfél órával nyugszik a Nap után, és az esti szürkületben figyelhető meg a délnyugati égbolton. A hó végén egy és egy-negyed órával kel a Nap előtt, és a hajnali szürkületben újra megfigyelhető. 16-án alsó együttállásban a Nappal. 1-én fényessége $-0,2$ magnitúdó, fázisa $0,55$; mindkettő csökkenő. 28-án fényessége $+0,6$ magnitúdó, fázisa $0,32$; mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 4-ig a Nyilas, 4-től 26-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó elején egy, a végén egy és háromnegyed órával nyugszik a Nap után, és mint alkonyicsillag figyelhető meg az esti szürkületben a délnyugati égbolton. 16-án fényessége $-3,3$ magnitúdó, fázisa $0,96$; mindkettő csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 13-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. Három órával nyugszik a Nap után, és az esti szürkületben még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

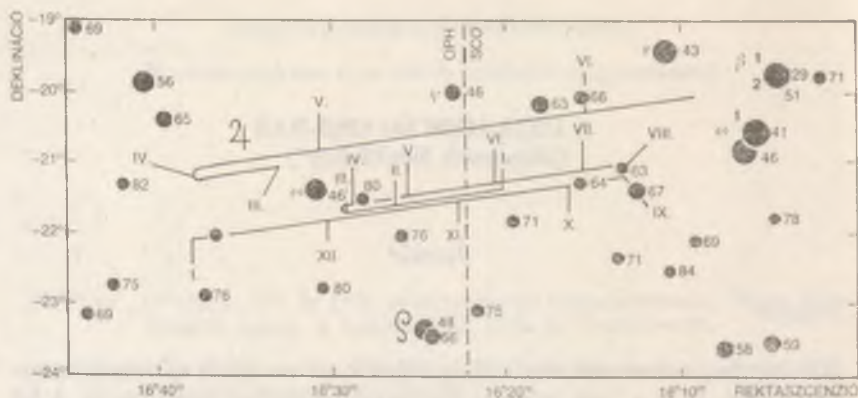
Jupiter: előretartó mozgást végez 4-ig a Mérleg, utána a Skorpíó csillagképben. A hó elején három, végén négy órával kel a Nap előtt, és a hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjjél után kel, és a hajnali órákban figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez 10-ig a Skorpíó, utána a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

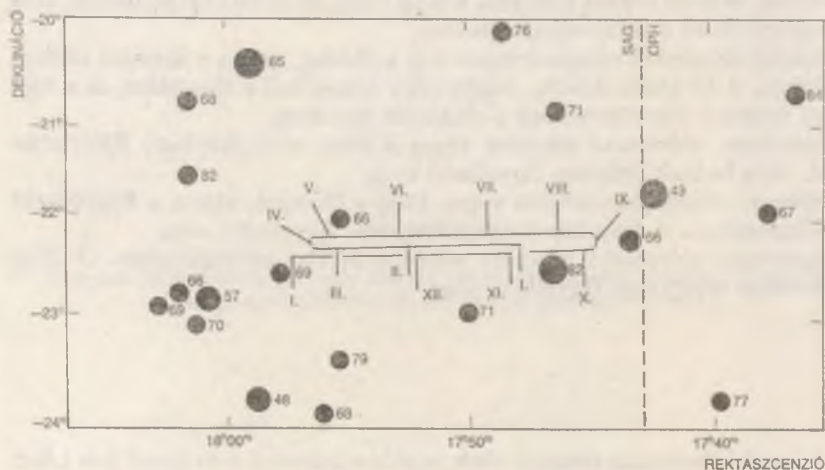
Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

* A nyári időszámítás tartama alatt az időpontokhoz 1 órát hozzá kell adni!



1. ábra. Az Uránusz látszó útja a Skorpió és Kígyóartó csillagképben 1983. január 1-től 1984. január 1-ig, és a Jupiter mozgása 1983 márciusától 1983 júliusáig. Az Uránusz fényessége a Nappal való szembenállása idején (1983. május 29-én) 5,7 magnitúdó. Az egyes csillagok melletti számok azok fényességét adják meg, tizedmagnitúdókban

2. ábra. A Neptunusz látszó útja a Nyilas csillagképben 1983. január 1-től 1984. január 1-ig. A Neptunusz fényessége a Nappal való szembenállása idején (1983. június 19-én) 7,7 magnitúdó. Az egyes csillagok melletti számok azok fényességét adják meg, tizedmagnitúdókban



Jelenségek

Nap	Óra	
3	—	<i>Quadrantidák</i> meteorraj gyakorisági maximuma; kékes fényűek, a kis fényességűek a gyakoribbak
3	02,9	<i>Algol</i> minimumban
5	23,7	<i>Algol</i> minimumban
7	10,8	<i>Merkur</i> 2°-kal északra a Vénusztól
7	12,9	<i>Szturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
8	20,5	<i>Algol</i> minimumban
9	23,1	<i>Jupiter</i> 2°-kal délre a Holdtól
11	17,3	<i>Algol</i> minimumban
15	20,0	<i>Vénusz</i> 2°-kal északra a Holdtól
17	05,1	<i>Mars</i> 3°-kal északra a Holdtól
26	01,4	<i>Algol</i> minimumban
28	22,2	<i>Algol</i> minimumban
31	19,0	<i>Algol</i> minimumban

Február

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 13-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó elején egy és egynegyed, közepén egy órával kel a Nap előtt. A hó első felében figyelhető meg napkelte előtt a délkeleti égbolton. 8-án legnagyobb nyugati kitérésben, 26° távolságra a Naptól. 9-én fényessége +0,2 magnitúdó, fázisa 0,62; mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 17-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó elején egy és háromnegyed, végén két és fél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonyicsillag látható a kora esti órákban a nyugati égbolton. 16-án fényessége —3,3 magnitúdó, fázisa 0,96; mindkettő csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 13-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó elején két és fél, a végén két órával nyugszik a Nap után, és az esti szürkületben még megfigyelhető a nyugati égbolton.

Jupiter: előretartó mozgást végez 3-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben. Az éjfél utáni órákban kel, és a hajnali délkeleti égbolton figyelhető meg.

Szturnusz: 13-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jelenségek

Nap	Óra	
3	22,3	<i>Szturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
6	14,5	<i>Jupiter</i> 2°-kal délre a Holdtól
10	16,1	<i>Merkur</i> 2°-kal északra a Holdtól
15	03,3	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Holdtól
15	06,6	<i>Mars</i> 5°-kal északra a Holdtól
17	23,9	<i>Algol</i> minimumban
17	15,4	<i>Jupiter</i> 0,8°-kal északra az Uránusztól
18	22,6	<i>Vénusz</i> 0,5°-kal délre a Marstól
20	20,8	<i>Algol</i> minimumban
23	17,6	<i>Algol</i> minimumban

Március

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 4-ig a Bak, 4-től 22-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. E hó folyamán nem kerül megfigyelésre kedvező helyzetbe. 26-án felső együttállásban a Nappal.

Vénusz: előretartó mozgást végez 17-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. A hó elején két és fél, végén három órával nyugszik a Nap után. Mint alkonycsillag figyelhető meg a kora esti nyugati égbolton. 17-én fázisa 0,85, csökkenő, fényessége —3,3 magnitúdó, növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó elején még két órával nyugszik a Nap után, és a hó első felében még megkísérelhető keresése az esti szürkületben a nyugati égbolton.

Jupiter: 28-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélkor kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Szturnusz: hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban kel, és a késő esti óráktól már megfigyelhető.

Uránusz: 14-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélkor kel, és a hajnali órákban újból megfigyelhető.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jelenségek

Nap	Óra	
3	07,2	<i>Szturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
6	03,7	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tölünk is látható, amint a Hold a Jupitert elfedi. Belépés a sötét holdperem mögé 2 ^h 52 ^m -kor, kilépés a holdkorong fényes pereme mögül 3 ^h 30 ^m -kor. Ezek az időadatok Budapestre vonatkoznak, így ettől országunk más részein 3—4 perces eltérés is lehetséges!
12	22,5	<i>Algol</i> minimumban
13	16,4	<i>Merkur</i> 3°-kal északra a Holdtól
15	19,3	<i>Algol</i> minimumban
16	07,2	<i>Mars</i> 5°-kal északra a Holdtól
17	07,1	<i>Vénusz</i> 5°-kal északra a Holdtól
25	—	<i>Hydridák</i> meteorraj (március 21-től április 4-ig) gyakorisági maximuma.
30	14,9	<i>Szturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól.

Április

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 6-ig a Halak, 6-tól 23-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó második felében egy és háromnegyed órával nyugszik a Nap után, és az esti szürkületben figyelhető meg a nyugati égbolton. 21-én legnagyobb keleti kitérésben, 20° távolságra a Naptól.

Vénusz: előretartó mozgást végez 8-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Három és fél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonycsillag látható a kora esti nyugati égbolton. 18-án fázisa 0,76, csökkenő, fényessége —3,5 magnitúdó, növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez 3-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. A Nap közelsége miatt a hó folyamán nem figyelhető meg.

Jupiter: 28-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjjél előtt kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Szturnusz: hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején napnyugta után, a hó végén napnyugtakor kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 21-én szembenállásban a Nappal.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A késő esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Neptunusz: 1-től hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjjél-kor kel, és a hajnali órákban újra megfigyelhető.

Jelenségek

Nap	Óra	
2	09,8	<i>Mars</i> 1°-kal délre a Holdtól
2	13,8	<i>Jupiter</i> 0,7°-kal délre a Holdtól
3	—	<i>Virginidák</i> meteorraj (március 21-től május 10-ig) gyakorisági maximuma.
4	02,0	<i>Neptunusz</i> 1°-kal északra a Holdtól
4	21,0	<i>Algol</i> minimumban
9	13,1	<i>Merkur</i> 1°-kal északra a Marstól
14	16,2	<i>Merkur</i> 6°-kal északra a Holdtól
16	07,7	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Holdtól
21	—	<i>Lyridák</i> meteorraj (április 19-től 24-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek.
26	20,4	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
27	19,5	<i>Algol</i> minimumban
29	17,5	<i>Uránusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
29	19,9	<i>Jupiter</i> 0,6°-kal délre a Holdtól

Május

Bolygók

Merkur: 2-ig előretartó, 2-től 24-ig hátráló, utána újból előretartó mozgást végez. 7-ig a Bika, utána a Kos csillagképben tartózkodik. A hó első napjaiban másfél órával nyugszik a Nap után, és még megfigyelhető az esti szürkületben a nyugati égbolton. 12-én alsó együttállásban a Nappal. 4-én fényessége +2,1 magnitúdó, fázisa 0,07; mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 9-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. Három és fél órával nyugszik a Nap után, és mint alkony-csillag ragyog a kora esti nyugati égbolton. 16-án fázisa 0,65, csökkenő, fényessége —3,7 magnitúdó, növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: hátráló mozgást végez 23-ig a Kígyótartó, utána Skorpió csillagképben. Napnyugtakor kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 27-én szembenállásban a Nappal.

Szaturnusz: hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és éjfél utánig figyelhető meg.

Uránusz: hátráló mozgást végez 19-ig a Kígyótartó, utána a Skorpió csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 29-én szembenállásban a Nappal.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Az esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Jelenségek

Nap	Óra	
1	10,1	<i>Neptunusz</i> 1°-kal északra a Holdtól
4	—	<i>Éta Aquaridák</i> meteorraj (április 22-től május 12-ig) gyakorisági maximuma. Maradandó nyommal.
16	02,3	<i>Vénusz</i> 1°-kal északra a Holdtól
16	14,1	<i>Jupiter</i> 1°-kal északra az Uránusztól
24	00,1	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
26	19,9	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Holdtól
26	23,6	<i>Uránusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
28	17,1	<i>Neptunusz</i> 1°-kal északra a Holdtól

Június

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 7-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó második felében egy órával kel a Nap előtt, és napkelte előtt kereshető a keleti égbolton. 8-án legnagyobb nyugati kitérésben, 24° távolságra a Naptól. 21-én fényessége —0,3 magnitúdó, fázisa 0,66; mindkettő növekvő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 3-ig az Ikrek, 3-tól 23-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó elején három, a végén két és fél órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyicsillag ragyog a kora esti órákban a nyugati égbolton. 16-án a legnagyobb keleti kitérésben, 45° távolságra a Naptól. 13-án fázisa 0,51, csökkenő, fényessége —3,9 magnitúdó, növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez 28-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 3-án együttállásban a Nappal.

Jupiter: 29-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez; 9-ig a Skorpió,

utána a Mérleg csillagképben tartózkodik. A hajnali órákban nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Szaturnusz: hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Skorpió csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Napnyugtakor kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 19-én szembenállásban a Nappal.

Jelenségek

Nap	Óra	
4	02,1	<i>Algol</i> minimumban
9	11,1	<i>Merkur</i> 0,7°-kal délre a Holdtól
11	05,6	<i>Teljes napfogyatkozás</i> , tőlünk nem látható. A teljes fogyatkozás vonala az Indiai-óceánon át, Jávát, Borneót, Celebeszt, Új-Guineát és a környező szigeteket érintve, a Csendes-óceán keleti részéig halad.
14	—	<i>Scorpius-Sagittaridák</i> meteorraj (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma.
14	12,2	<i>Vénusz</i> 1°-kal délre a Holdtól
16	—	<i>Lyridák</i> meteorraj (június 10-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Kékes meteorok, halvány nyommal.
20	03,7	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
22	22,2	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Holdtól
23	04,0	<i>Uránusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
24	03,8	<i>Algol</i> minimumban
24	22,7	<i>Neptunusz</i> 1°-kal északra a Holdtól
25	09,5	<i>Részleges holdfogyatkozás</i> , tőlünk nem látható.
27	00,6	<i>Algol</i> minimumban

Július

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 1-től 14-ig az Ikrek, 14-től 24-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó végén egy órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után figyelhető meg a nyugati égbolton. 9-én felső együttállásban a Nappal. 31-én fényessége —0,1 magnitúdó, fázisa 0,77; mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó elején két, végén egy órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyicsillag ragyog az esti szürkületben a nyugati égbolton. Legnagyobb fényességét ($-4,2$ magnitúdó) 19-én éri el. Fázisa ugyanekkor $0,27$, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Skorpion csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton.

Úránusz: hátráló mozgást végez a Skorpion csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és az esti szürkület után még megkereshető a délnyugati égbolton.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében még megfigyelhető.

Jelenségek

Nap	Óra	
13	08,9	<i>Vénusz</i> 6° -kal délre a Holdtól
17	02,3	<i>Algol</i> minimumban
17	09,6	<i>Szaturnusz</i> 2° -kal délre a Holdtól
19	23,2	<i>Algol</i> minimumban
20	00,3	<i>Jupiter</i> 1° -kal délre a Holdtól
20	08,1	<i>Úránusz</i> 2° -kal délre a Holdtól
22	03,2	<i>Neptunusz</i> 1° -kal északra a Holdtól
28	—	<i>Delta Aquaridák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal.

Augusztus

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 20-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó első felében egy órával nyugszik a Nap után, és az esti szürkületben figyelhető meg a nyugati égbolton. 19-én legnagyobb keleti kitérésben, 27° távolságra a Naptól. 8-án fényessége $+0,2$ magnitúdó, fázisa $0,67$; mindkettő csökkenő.

Vénusz: 1-től hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Mars: előretartó mozgást végez 9-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. Két órával kel a Nap előtt, és újra megkereshető a hajnali szürkületben a keleti égbolton.

Jupiter: előretartó mozgást végez 20-ig a Mérleg, utána a Skorpió csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még látható a nyugati égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és az esti szürkület után még megfigyelhető.

Uránusz: 14-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és az esti órákban még megfigyelhető.

Jelenségek

Nap	Óra	
1	—	<i>Capricornidák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 20-ig) gyakorisági maximuma. Sárga tűzgömbökkel.
6	—	<i>Ióta Aquaridák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 25-ig) gyakorisági maximuma. Kettős rádiánszal.
6	04,0	<i>Algol</i> minimumban
6	06,9	<i>Merkur</i> 6°-kal északra a Vénusztól
7	12,7	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól
9	00,9	<i>Algol</i> minimumban
10	01,8	<i>Vénusz</i> 12°-kal délre a Holdtól
10	12,0	<i>Merkur</i> 6°-kal délre a Holdtól
11	21,7	<i>Algol</i> minimumban
12	—	<i>Perseidák</i> meteorraj (július 25-től augusztus 18-ig) gyakorisági maximuma. Fényes, széttöredező meteorok, halvány nyommal.
13	19,2	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
16	07,0	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Holdtól
16	13,6	<i>Uránusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
18	08,3	<i>Neptunusz</i> 1°-kal északra a Holdtól
20	—	<i>Kappa Cygnidák</i> meteorraj (augusztus 11-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Robbanó tűzgömbökkel.
29	02,6	<i>Algol</i> minimumban
31	23,4	<i>Algol</i> minimumban

Bolygók

Merkur: 1-től 24-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 14-ig a Szűz, utána az Oroszlán csillagképben tartózkodik. A hó végén másfél órával kel a Nap előtt, és a hónap utolsó harmadában figyelhető meg a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 29-én fényessége $+0,1$ magnitúdó, fázisa 0,39, mindkettő növekedő.

Vénusz: 14-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó közepén két, a végén három és fél órával kel a Nap előtt. A hó második felében mint hajnalcsillag újra látható a hajnali keleti égbolton. 25-én fényessége $-4,3$ magnitúdó, fázisa 0,22; mindkettő növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez 9-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. Három órával kel a Nap előtt, és a hajnali égbolton figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A kora esti órákban nyugszik, és az esti szürkületben még megfigyelhető.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: 8-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jelenségek

Nap	Óra	
3	20,2	<i>Algol</i> minimumban
5	03,5	<i>Mars</i> 3°-kal délre a Holdtól
5	15,4	<i>Vénusz</i> 13°-kal délre a Holdtól
10	08,4	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
12	—	<i>Piscidák</i> meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma.
12	19,3	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Holdtól
14	20,1	<i>Vénusz</i> 9°-kal délre a Marstól
18	04,3	<i>Algol</i> minimumban
21	01,1	<i>Algol</i> minimumban
23	21,9	<i>Algol</i> minimumban
26	18,7	<i>Algol</i> minimumban

Október

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 3-ig az Oroszlán, 3-tól 30-ig a Szűz csillagképben. A hó első felében másfél órával kel a Nap előtt. Az év folyamán ez alkalommal kerül megfigyelésére legkedvezőbb helyzetbe. A hó első felében kereshető a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 7-én a β Virginistól 1° -kal északra látható. 1-én legnagyobb nyugati kitérésben, 18° távolságra a Naptól. 30-án felső együttállásban a Nappal. 7-én fényessége $-0,7$ magnitúdó, fázisa $0,74$, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Négy órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcillag ragyog a keleti égbolton. Legnagyobb fényességét ($-4,3$ magnitúdó) 1-én éri el. Fázisa ugyanekkor $0,27$, növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után kel két órával, és a keleti hajnali égbolton figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez 2-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez 24-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 31-én együttállásban a Nappal.

Uránusz: előretartó mozgást végez 28-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jelenségek

Nap	Óra	
3	08,8	Vénusz 9° -kal délre a Holdtól
3	16,8	Mars 4° -kal délre a Holdtól
5	04,1	Merkur 4° -kal délre a Holdtól
7	23,9	Szaturnusz 1° -kal délre a Holdtól
10	12,3	Jupiter $0,5^\circ$ -kal délre a Holdtól
11	02,8	Algol minimumban
13	23,6	Algol minimumban
16	20,4	Algol minimumban
19	17,2	Algol minimumban
21	—	Orionidák meteorraj (október 16-tól 24-ig) gyakorisági maximuma. Többszörös radiánssal, maradó nyommal.
28	13,8	Vénusz 2° -kal délre a Marstól
31	04,5	Algol minimumban

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 13-ig a Mérleg, 13-tól 19-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben. E hó folyamán nem kerül megfigyelésre kedvező helyzetbe.

Vénusz: előretartó mozgást végez 2-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Négy órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcsillag ragyog a keleti égbolton. 4-én legnagyobb nyugati kitérésben, 47° távolságra a Naptól. 16-án fázisa 0,56, növekedő, fényessége $-3,9$ magnitúdó, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 5-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Éjjél után két órával kel, és a hajnali égbolton figyelhető meg.

Jupiter: előtartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jelenségek

Nap	Óra	
1	04,8	<i>Mars</i> 4° -kal délre a Holdtól
1	07,3	<i>Vénusz</i> 5° -kal délre a Holdtól
3	01,3	<i>Algol</i> minimumban
5	22,1	<i>Algol</i> minimumban
7	08,1	<i>Jupiter</i> $0,06^\circ$ -kal északra a Holdtól
8	19,0	<i>Algol</i> minimumban
9	—	<i>Tauridák</i> meteorraj (október 18-tól november 30-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánszal, gyakori tűzgömbökkel.
17	—	<i>Leonidák</i> meteorraj (november 15-től 19-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek, maradandó nyommal.
23	03,0	<i>Algol</i> minimumban
25	23,8	<i>Algol</i> minimumban
26	07,4	<i>Merkur</i> 3° -kal délre a Jupitertől
28	20,7	<i>Algol</i> minimumban
29	15,6	<i>Mars</i> 4° -kal délre a Holdtól
30	21,7	<i>Vénusz</i> 2° -kal délre a Holdtól

Bolygók

Merkur: 21-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 2-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben tartózkodik. A hó közepén másfél órával nyugszik a Nap után. A hó második harmadában figyelhető meg az esti szürkületben a délnyugati égbolton. 31-én alsó együttállásban a Nappal. 14-én fényessége $-0,2$ magnitúdó, fázisa $0,62$; mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 2-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A hó elején négy, a végén három órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a keleti hajnali égbolton.

Mars: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Másfél órával éjfél után kel, és a hajnali keleti égbolton figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 14-én együttállásban a Nappal.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Három és fél órával kel a Nap előtt, és a keleti hajnali égbolton újra megfigyelhető.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 2-án együttállásban a Nappal.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 21-én együttállásban a Nappal.

Jelenségek

Nap	Óra	
1	17,5	<i>Algol</i> minimumban
2	05,4	<i>Szaturnusz</i> 1° -kal délre a Holdtól
4	—	<i>Gyűrűs napfogyatkozás</i> , mely részleges fogyatkozás-ként tőlünk is látható. A gyűrűs fogyatkozás vonala az Atlanti-óceánon és Afrika egyenlítői vidékein halad át.
6	03,9	<i>Merkur</i> $0,9^\circ$ -kal délre a Holdtól.
14	—	<i>Geminidák</i> meteorraj (december 7-től 15-ig) gyakorisági maximuma. Gyakran tűzgömbökkel, sok teleszkopikus meteorral.
16	01,6	<i>Algol</i> minimumban
17	11,5	<i>Vénusz</i> $0,2^\circ$ -kal északra a Szaturnusztól
18	22,4	<i>Algol</i> minimumban
20	—	<i>Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban.</i> Tőlünk is megfigyelhető. Belépés a félárnyékba $0^h 45,9^m$ -kor; legnagyobb fázis $2^h 49,2^m$ -kor; kilépés a félárnyékból $4^h 52,1^m$ -kor. A fogyatkozás nagysá-

		ga a félárnyékban 0,91, holdátmérőben kifejezve.
21	19,1	<i>Algol</i> minimumban
22	—	<i>Ursidák</i> meteorraj (december 17-től 24-ig) gyakori-sági maximuma.
28	01,4	<i>Mars</i> 3°-kal délre a Holdtól
29	16,7	<i>Szaturnusz</i> 0,7°-kal délre a Holdtól
30	20,1	<i>Vénusz</i> 0,6°-kal északra a Holdtól

A havonként rendezett adatok első része a hét, szabad szemmel, illetve kisebb távcsővel is látható nagybolygóról tájékoztat, azok mozgásának irányát, a csillagképet és a láthatósági körülményeket tünteti fel. Ezenkívül a látszó pálya legfontosabb adatait is felsoroljuk: belső bolygóknál az alsó és felső együttállást, az elongációkat, s a Vénusznál a legfényesebb fázist; külső bolygóknál a Nappal való együttállást és szembenállást. A belső bolygóknál (ha az égitest éppen megfigyelhető) a fázist és fényességet is feltüntetjük. Részletesebb adatok találhatóak a Merkúr legkedvezőbb megfigyelési szakaszára és a Mars-oppozícióira. A „Jelenségek” táblázata a következőket tartalmazza:

- *A bolygók együttállásait a Holddal*, amely akkor is útmutatást nyújt a bolygó megkeresésére, ha az együttállás esetleg nappalra esik, vagy nem nagyon szoros (a legfényesebb bolygók kisebb távcsővel még nappal is kereshetők!). Az Uránusz és Neptunusz esetében az együttállásokat csak a láthatóság hónapjaiban adjuk meg.
- *A bolygók egymás közti együttállásait.*
- *A tőlünk látható Hold-okkultációkat* az előbbi bolygók és a legfényesebb ekliptikai csillagok esetében. Az együttállások alkalmával közölt időpont és Hold—bolygó távolság geocentrikus adat, így nem használható közvetlenül a fedés becslésére.
- *A nap- és holdfogyatkozásokat.* Teljes vagy gyűrűs napfogyatkozás esetén a totalitás vonalának földrajzi adatait, részleges napfogyatkozás esetén a láthatóság területének a földrajzi adatait találja az Olvasó. A tőlünk nem látható fogyatkozások esetén csak a geocentrikus adatokat tüntetjük fel. A tőlünk megfigyelhető esetekben részletes adatokat talál az Olvasó. A holdfogyatkozásoknál csak a teljes árnyékban lejátszódó események feltűnőek, a félárnyékban csak gondos megfigyelés esetén látható esetleg a jelenség.
- *A változócsillagok közül* az Algol, a χ Cygni és Mira adatai találhatóak meg, ha megfigyelésre alkalmas helyzetben vannak.
- *A fényesebb éjszakai meteorrajok* adatai, a radiáns pont szerinti elnevezéssel, a gyakorisági maximum időpontjánál. (A Quadrantidák radiáns pontja a Bootes csillagképben van, elnevezése a ma már nem használatos Quadrans Muralis csillagképre utal!)

Az 1983. december 4-i napfogyatkozás magyarországi adatai

Állomáshely	első kontaktus időpontja és pozíciószöge	legnagyobb fázis időpontja és nagysága	utolsó kontaktus időpontja és pozíciószöge
	h m °	h m	h m °
Sopron (1)	13 31,4 201,3	13 43,0 0,008	13 54,5 186,4
Szombathely (2)	13 29,4 203,0	13 43,7 0,012	13 57,9 184,6
Nagyecsk (3)	13 31,5 201,4	13 43,7 0,008	13 55,2 186,1
Tihany (4)	13 31,1 203,6	13 46,9 0,014	14 02,5 183,2
Baja (5)	13 30,0 205,4	13 50,2 0,021	14 09,2 180,5
Budapest (6)	13 35,7 201,2	13 48,8 0,009	14 00,7 184,9
Pécs (7)	13 37,9 200,0	13 48,5 0,007	13 59,2 186,0
Piszkéstető (8)	13 39,8 199,3	13 48,6 0,006	13 59,4 186,3
Miskolc (9)	13 41,8 198,6	13 50,9 0,005	14 00,0 186,6
Gyula (10)	13 36,5 203,9	13 54,1 0,019	14 11,7 180,6
Debrecen (11)	13 40,2 201,1	13 53,4 0,011	14 06,7 183,5

A pozíciószög a napkorong É-i pontjától K—D—Ny irányban számítandó, a fogyatkozás nagysága napátmérőben értendő.

- (1) MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet
- (2) ELTE Gothard Obszervatórium
- (3) MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet obszervatóriuma
- (4) A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet földmágneses obszervatóriuma
- (5) MTA Csillagászati Kutatóintézet Obszervatóriuma
- (6) MTA Csillagászati Kutatóintézet, Szabadság-hegy
- (7) Kozmikus Geodéziai Obszervatórium
- (8) MTA Csillagászati Kutatóintézet obszervatóriuma
- (9) Uránia
- (10) MTA Csillagászati Kutatóintézet, Napfizikai Obszervatórium megfigyelőállomása
- (11) MTA Csillagászati Kutatóintézet, Napfizikai Obszervatórium

SZEIDL BÉLA

BESZÁMOLÓ AZ MTA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZET 1981. ÉVI MŰKÖDÉSÉRŐL

Műszaki fejlesztés és karbantartás

Fotoelektromos fotometriai programjaink megkívánják eszközeink továbbbi fejlesztését. Az RCC-teleszkóphoz készülő *kétsatornás fotométer* mechanikájának és optikájának szerelése megtörtént. Ezek működését, a skálák helyességét a teleszkópon kipróbáltuk. Elkészült egy *impulzus számláló fotométer* terve és egysatornás kísérleti példánya. Ezt sikerrel próbáltuk ki üzemi körülmények között.

Tovább folytattuk az RCC-teleszkóp automatikus mozgatasvezérlésével kapcsolatos fejlesztő munkákat. Az e téren elért eredményekről a Kríni Obszervatóriumban szervezett kollokviumon beszámoltunk.

A bjurakani 2,6 m-es teleszkóphoz csatlakozó fotométerünket hazaszállítottuk, hogy rajta bizonyos fejlesztéseket (pl. automatikus szűrőváltás) végrehajthassunk. Visszaszállítását 1982-ben tervezzük.

Felújítási programunk során a *piszkés-tetői Schmidt-kupola teljes felújítása* történt meg. A munkákat kiválóan végezte el a Nógrád megyei Állami Építőipari Vállalat. Ugyancsak felújítottuk az obszervatórium vízhálózatát. Megterveztük az 1 m-es távcső kupolájának és melléképületének felújítási munkáit. A kivitelezésre 1982-ben kerül sor.

Baján az új szegedi úti obszervatórium építési munkái befejeződtek.

Tudományos munkák és eredmények

Változócsillagok

A *cefeida típusú változócsillagok* átfogó periódusanalízise megtörtént. A korábban már közölt érdekesebb eredményeken túl sikerült kimutatni, hogy a megfigyelt szekuláris periódusváltozások jól egyeznek a csillagfejlődésből számított elméleti értékekkel. A kettős cefeidák O—C diagramjain megfigyelhető fény-időeffektus (más megfigyelési adatokkal kiegészítve) lehetőséget ad a cefeidák tömegének az eddigi módszerektől független meghatározására.

Lezártuk az UY Cyg, TW Her, VZ Her, AV Peg és TU UMa RR Lyrae típusú csillag periódusanálízisét. Sikerrel járt az SU Dra UBV-fénygörbéjéhez illesztett sztatikus csillaglégkör-modellek paramétereinek meghatározása. A luminozitás kivételével valamennyi paraméter elfogadható értékű és jól interpretálható légkört jellemez.

A δ Scuti és törpe cefeida csillagok tanulmányozása során befejeztük az SZ Lyn periódusváltozásainak vizsgálatát. Mind a fényességmaximumok O—C ingadozásai, mind pedig az átlagos radiális sebesség változásai azt mutatják, hogy a csillag egy 3 év periódusú kettős rendszer. A δ Scuti csillagok elméleti vizsgálatai azt mutatják, hogy a stabilis két (vagy több-) módusú állapotok létrejöttéhez figyelembe kell — és matematikailag lehet — venni a nem lineáris, nem adiabatikus effektusokat is.

A HK Lac (nem fedési RS CVn típusú kettős) bonyolult változásokat mutat. A korábbi években átlagos fényessége csökkent. 1980-ban a fényességváltozás visszafordult, és 1981 elején is folytatódott a fényességnövekedés. Az év második felében azonban új ciklus kezdődött a csillag fényváltozásában, és közepes fényessége az eddig mért legalacsonyabb szint alá zuhant vissza. A kb. 25 napos periódusú fényváltozás „csillagfoltok” feltételezésével történő modellezését elkezdtük. Egy másik fedési RS CVn típusú csillag, az SV Cam 1981. évi megfigyelései megerősítették azt a korábbi feltételezésünket, hogy a fénygörbeváltozások egy része tömegátadási folyamatokként, gázáramok megjelenésével értelmezhető.

Tovább folytattuk a vörös törpecsillagok kis amplitúdójú fényváltozásainak kutatását. Különösen érdekes az általunk fölfedezett változócsillag, a Gliese 83,3 (új neve V598 Cas) viselkedése. Észleléseink továbbra is rövid periódusú változásokra utalnak.

Stellárstatisztika

Három kötetben kb. 800 oldalon megjelent a *Catalogue of Star Clusters and Associations* II. kiadásának első kiegészítése. A kiadvány a teljességre törekedve az 1967 és 1973 közötti adatokat és irodalmi hivatkozásokat gyűjti össze a csillaghalmazokra és asszociációkra. Befejeztük az NGC 7160 nyílt halmazt tartalmazó 5° átmérőjű terület statisztikus feldolgozását. A kapott luminozitási függvény jó egyezésben van a Nap környéki csillagokból leszármaztatható kezdeti ún. Salpeter-függvényvel. Ez az eredmény fontos érv amellet, hogy a csillagok jelentős hányada asszociációkban keletkezett.

A mezőcsillagok eloszlásának statisztikus vizsgálata során befejeztük az IC 4665-ös halmaz körüli területen színeképosztályba sorolt F8-nál fiatalabb csillagok statisztikus feldolgozását. Meghatároztuk a csillagközi anyag látóirányú eloszlását, és négy különböző spektrálosztályban a csil-

lagok térbeli eloszlását. A késői B és korai A csillagok eloszlása két, kinematikailag különböző alrendszer együttes jelenlétére utal. Ez az eredmény jó egyezésben van a csillagok szakaszos keletkezésének elképzelésével.

A különböző korú csillagok különböző térbeli és kinematikai eloszlásának magyarázatára tanulmányoztuk a sztochasztikus erők hatását az eloszlásokra. Kimutattuk, hogy a Galaxis síkjára merőleges irányban a térbeli sűrűséggörbe jól értelmezhető, ha a csillagok szakaszos keletkezésén túlmenően a sztochasztikus erők hatását is figyelembe vesszük. Megmutattuk továbbá, hogy a z irányú koordináták és sebességek szórásának arányából következtetni lehet a lokális galaktikus anyagsűrűségekre.

Újra átvizsgáltuk a Plejádokról 1976 és 80 között készült felvételeket és négy új *fléricsillagot*, valamint kilenc újbóli fellobbanást találtunk.

A bjurakani obszervatórium kutatóival közösen az elmúlt közel húsz év észlelési anyagának feldolgozásával megbecsültük az egyes galaxis-típusokban előforduló *szupernóvák* gyakoriságát. Az NGC 4874-es galaxisban egy 15 magnitúdó fényességű szupernóvát találtunk.

Égimechanika és alkalmazásai

A másodlagos fűtési mechanizmusra korábban felvetett hipotézisünk ellenőrzésére négy műhold adatsorainak korrelációját vizsgáltuk minden szóba jöhető paraméterrel. A legjobb korrelációt a galaktikus kozmikus sugárzással kaptuk, főleg akkor, ha a sűrűségi fluktuációk késését a kozmikus sugárzáshoz képest egy naposnak vettük. Így arra a következtetésre jutottunk, hogy a kozmikus sugárzás indexével meg lehet magyarázni a korábban kimutatott járulékos sűrűségi maximumokat.

A légköri modellek a *geomágneses effektust* részben vagy egészen az exoszferikus hőmérsékleten keresztül fejezik ki. Francia akcelerométeres adatok lehetővé teszik, hogy az effektust sűrűségváltozások formájában fejezzük ki. Első elemzéseink szerint a $K_p = 2$ -nél nagyobb geomágneses aktivitás esetén, 350 km magasságban a geomágneses viharokkal párhuzamosan fellépő sűrűségváltozások egy exponenciális formulával írhatók le, hasonlóan a hőmérséklet-változásokhoz.

Megkezdtük a *mesterséges holdak pályaevolúciójának* vizsgálatát. Fel tudtuk írni a pályaelemek szekuláris változásait hosszú távon is helyesen leíró egyenletet, amely kis excentricitású és nem túl távoli pályák esetére (részleges) megoldásokat adott. A további elemzésektől az általánosanabb megoldásokat várjuk.

Összegezve a *féléves effektussal* kapcsolatban hozzáférhető teljes irodalmat, megállapítottuk, hogy az effektus amplitúdójának magasságtól való függése 250 km felett évről évre rendszertelenül változik, de nem hozható korrelációba a Nap deciméteres fluxusával. Kimutattuk, hogy

az effektus fázisának évenként fellépő változásai nem feltétlenül reálisak, hanem egy rossz időbeli felbontás miatt fellépő látszateffektus következtében jönnek létre.

Egyéb munkák

A nem-szimmetrikus dinamóelmélet fejlesztése szükségessé tette a heliografikus hosszúságtól függő forgási sebesség-ingadozások vizsgálatát. A Mount Wilsonon nyert sebességi mérésekből 94 és 192 napos ingadozásra lehetett következtetni. Ennek fizikai okát vizsgálva azt találtuk (mint-hogy a külső koronarendszer, a helioszféra, a bolygórendszer síkjában forog, s így hozzá a Nap-egyenlítő síkja 7° -os szöggel hajlik), hogy ez a konfiguráció a fotoszféra közelében a belső koronában nyírómozgást eredményez, mely a fotoszféraforgás ingadozásához vezet. Az elmélet 182,6, 91,3 és 45,5 napos periódusokat ad, melyekhez a megfigyelési anyag újabb redukálásából hasonló értékeket kaptunk.

A kozmológiai vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a semleges leptonok csak akkor adnak kielégítő magyarázatot a galaxishalmazok és az óriásgalaxisok dinamikai viselkedésére, ha azonos kapcsolat áll fenn a protohalmaz tömege és a neutrínó nyugalmi tömege között, valamint a hidrogénatom és a kvazár tömege között. Ezt az eredményt úgy kell értelmeznünk, hogy a mikrofizika és a kozmikus fizika látszólagosan távol eső jelenségei között meghatározott kozmológiai kapcsolat van.

A Halley üstökös űrszondáról és a Földről történő megfigyelésének előkészítő munkáiba is bekapcsolódtunk. Ennek során számításokat végeztünk az üstökös várható optikai fluxusára, a kóma átlátszóságára, azaz a mag láthatósági viszonyaira. Ugyancsak részt vettünk a Vega-szondáról történő üstököskeresés és -követés módszereinek kidolgozásában.

Nemzetközi kapcsolataink, kutatóink oktató és népszerűsítő tevékenysége, részvételük a tudományos közéletben

Kutatóink több hazai és külföldi rendezvényen vettek részt, s előadásokat is tartottak. Csak a legfontosabbak felsorolására szorítkozhatunk. A „Csillagok fizikája és fejlődése” többoldalú együttműködés keretében Barcza Sz. Brnóban (Csehszlovákia, 1981 június), a 2., Balázs B. és Kun Mária Zelenicsukban (Szovjetunió, 1981 szeptember), a 6., Patkós L., Rupp Erzsébet és Virághalmy G. Krimben (Szovjetunió, 1981 október), a 7. albizottság ülésén vett részt. Kovács G.-t és Paparó Margitot a fiatal csillagászok számára az NDK-ban rendezett (1981 március) tavaszi iskolára hívták meg. Az Interkozmosz-tanácskozáson (Jereván, Szovjetunió,

1981 május) intézetünket Ill M. képviselte. Az IAU-rendezvényeken több kutatónk tudott részt venni, ahol élénk érdeklődést kiváltó előadásokat tartottak. Csada I., Kanyó S. és Kovács G. „A Nap és a csillagok oszcillációja” (Szovjetunió, 1981 szeptember), Barlai Katalin „Archaeoasztronómia” (Anglia, 1981 szeptember), Szeidl B. pedig meghívásra a „Kettőscsillagok” (NSZK, 1981 szeptember) kollokviumon, Illés Erzsébet az ERMA (Jugoszlávia, 1981 október) találkozón vett részt. Paál Gy. ugyancsak meghívással utazott a bjurakani (Szovjetunió 1981 október) „Az invariancia elv alkalmazásai” szimpozionra. Az Astronomische Gesellschaft szeptemberi ülésén Balázs L., Barcza Sz., Kanyó S. és Patkós L. vett részt. Az OAB kiküldetésében Rupp Erzsébet Dubnában (2 hét), az MTA csereegyezményei keretében pedig Balázs L. és Jankovics I. Bjurakanban (3—3 hét), Paparó Margit Leningrádban (2 hét), Kovács G. Varsóban (2 hét), Oláh Katalin és Szabados L. Heluanban és a Kottamia obszervatóriumban (Egyiptom, 1—1 hónap) dolgozott. Jankovics I. 1981 októbertől a heidelbergi csillagvizsgálóban (NSZK) Humboldt-ösztöndíjas.

Intézetünkben 1981-ben is számos külföldi kutatót fogadtunk, főleg „A csillagok fizikája és fejlődése” című, illetve az Interkozmosz-együttműködés keretében.

Kutatóink több hazai rendezvényen vettek részt nagy aktivitással:

- „Halley-szeminárium”, Penc, 1981. április 23.
- „Asztronautikai Tudományos Ülésszak”, Budapest, 1981. május 18—20.
- „A magyar űrkutatás 10 éve”, Budapest, 1981. június 2—3.
- „Dynamical Astronomy”, Budapest, 1981. augusztus 31—szeptember 4.
- „II. Nemzetközi Felsőléggör-kutatási Szeminárium”, Baja, 1981. szeptember 16—18.
- „Detre-emlékülés”, Budapest, 1981. október 28.

Balázs L., Barcza Sz., Szabados L. és Ill M. rendszeresen tartottak előadásokat az ELTE-n, illetve a JATE-n. Az ismeretterjesztő munkában előadások tartásával és cikkek írásával, valamint bemutatásokkal vetünk részt.

Kovács G. és Oláh Katalin megvédték egyetemi doktori értekezésüket, Szabados L. elkészítette és benyújtotta a TMB-nek kandidátusi értekezését.

Kutatóink fontosabb közleményei

Balázs B. (T.: J. Ruprecht és R. E. White): „Supplement 1 to the Second Edition of the Catalogue of Star Clusters and Associations”, Budapest, Akadémiai Kiadó, 800 old.

- Barcza Sz.:* „A csillagászati fotometria kalibrálása effektív hőmérsékletre és felszíni nehézségi gyorsulásra”, *Csillagászati Évkönyv* 1982, 188—207. old.
- Barlai K.:* „On the Orientation of Graves in Prehistoric Cemeteries”, *Archaeoastronomy* 3, 29—32. old.
- Both E.:* „Effect of Atmospheric Variations on Satellite Lifetimes”, *Nabl. Iszk. Szput. Zemli* 17, 155—166.
 „On the Determination of Upper Atmospheric Wind Velocities”, *Nabl. Iszk. Szput. Zemli* 17, 181—202.
- Csada I.:* „On the Non-symmetric Solar Dynamo”, *Solar Physics* 74, 103—105.
- Horváth A.:* „Ob isszledovanyiji skali viszot odnorodnoj atmosferi”, *Nabl. Iszk. Szput. Zemli* 17, 75—88.
 (T.: *N. A. Szorokin és L. B. Smeljev*): „Vlijanyije razlicsnih modelej atmosferi na tocsnosztji opregyelenyija koordinat ISZZ”, *Nabl. Iszk. Nyebesznih Tyel No. 79*, 75—80.
- III M.:* „Semleges felsőlégkör-kutatás hazánkban”, *A magyar űrkutatás* 10 éve, 19—27 old.
 „Variations of Density Scale Height between 300 and 400 km”, *Advances of Space Research* 1, 227—230.
- Illés E.:* „Analiz izmenyenyija plotnosztji verhnyej atmosferi sz 27 dnyevnim ciklom”, *Nabl. Iszk. Szput. Zemli* 17, 89—103.
 „Correlation between Equivalent Durations and the D-st Geomagnetic Index”, *Nabl. Iszk. Szput. Zemli* 17, 105—111.
 (T.: *R. Margoni, R. Stagni és A. Mammano*): „The Eccentric Orbit of the Short Period Eclipsing Binary V 1010 Oph”, *Astroph. Sp. Sci.* 79, 159—163.
- Illés E. és Horváth A.:* „On the Origin of the Grooves on Phobos”, *Advances of Space Research* 1, 49—52.
 „On the Possibility of the Layered Structure of Phobos”, *EOS Transactions* 62, 203.
- Jankovics I. (T.: N. D. Melikian és Kelemen J.):* „Flare Stars in the Pleiades Region”, *Inf. Bull. Var. Stars* No. 2019, 1—2.
- Kovács G.:* „The Frequency Analysis of the Low Amplitude Delta Scuti Star HD 73763”, *Acta Astronomica* 31, 75—83.
 „Photoelectric Observations and Analysis of AM CVn”, *Acta Astronomica* 31, 207—212.
 „Frequency Shift in Fourier-analysis”, *Astroph. Sp. Sci.* 78, 175—188.
 (T.: *Vető B.*): „Standstill of Gamma CrB”, *Inf. Bull. Var. Stars* No. 2030, 1—6.
- Kun M.:* „Óriás molekulafelhők a Tejútrendszerben”, *Csillagászati Évkönyv* 1982, 232—249. old.

- Lovas M.*: „Supernova in NGC 4874”, IAU Circ. No. 3610
(*T.: R. G. Mnacakanjan és A. V. Oskanian*): „O vicsiszlenyiji szrednyej csasztoti vszpisek szverhnovih”, Szooobscesenyija Bjurakanszkoj Obszervatoriji 52, 68.
- Oláh K.*: „A változócsillagok eloszlása a Tejútrendszerben”, Csillagászati Évkönyv 1982, 208—231. old.
(*T.: F. M. Mahmoud*): „Photoelectric Observations of EV Lac”, Inf. Bull. Var. Stars No. 1943, 1—4.
(*T.: A. S. Melkonian, A. V. Oskanian és V. S. Oskanian*): „Medlennije izmenenyija bleszka BY Dra”, Asztrofizika 17, 215—224.
- Paál Gy. (T.: Lukács B.)*: „A világ szerkezeti állandói”, Csillagászati Évkönyv 1982, 250—279. old.
- Patkós L.*: „Flare Activity of the RS CVn Star SV Cam”, Astrophysical Letters 22, 131—133.
- Rupp E.*: „Konkoly Observatory of the Hungarian Academy of Sciences”, Budapest, 1981, 32 old.
- Szabados L.*: „Photoelectric Photometry of Northern Cepheids, III”, Comm. Konkoly Observatory of the Hungarian Acad. of Sci. No. 77. 1—97.
(*T.: Jurcsik J.*): „FG Sagittae: Combination of the Existing Photometric and Spectroscopic Data”, Acta Astronomica 31, 213—219.
- Szeidl B.*: „A változócsillagok asztrofizikai jelentősége”, Fizikai Szemle 31, 121—127.
- Vargha Domokosné*: „Gothard hazai csillagászati kapcsolatai”, Vasi Szemle 35, 538—543.

DEZSŐ LÓRÁNT

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
NAPFIZIKAI OBSZERVATÓRIUMÁNAK
MŰKÖDÉSE AZ 1979—1981. ÉVEKBEN

Észlelési és kutatási feladatok

Az obszervatórium feladata kezdettől fogva napfizikai észlelések és kutatások végzése volt, valamint napfizikai adatok szolgáltatása belföldi és külföldi intézményeknek az esetenként felmerülő igények nyomán. Az obszervatórium fő tudományos célkitűzése: *minél eredményesebben hozzájárulni a naptevékenység természetére és előrejelzésének lehetőségeire vonatkozó kutatásokhoz.* Ezt a célt elsősorban a különféle nemzetközi kooperációban folytatott észlelések révén igyekeztünk megközelíteni.

A naptevékenység kutatásához a beszámolási időszakban különösen nagyszámú *fotografikus észlelést* végzett az obszervatórium, mind a folytonos színekép sárga tartományában, mind a H-alfa színeképvonalban.

A fotoszférikus napkorongot kb. 10 cm-es átmérővel ábrázoló *fotohéliogramok* az 5 hüvelykes és a 6 hüvelykes heliográf-fal, sárga színű szűrőkkel Debrecenben és Gyulán készültek. Ezek a naponkénti rendszeres fotoszféra-észlelések voltaképpen 1955-ben kezdődtek, amikor az obszervatórium még az MTA Csillagvizsgáló Intézet Napfizikai Osztályaként Budapesten, a Szabadság-hegyen működött. Közvetlen eredményük: egy teljes mágneses napfoltciklusnál hosszabb időszakra vonatkozó kb. 56 000 fotoszféra-fotohéliogram, amely — tudomásunk szerint — világviszonylatban a legnagyobb a hasonló gyűjtemények között. Az említett teljes napkorongészleléseken felül még számos fotografikus észleléssorozat történt a fotoszférikus napkorongnak csupán egy-egy napfoltosportot felölölő részéről is. (Ezek az észlelések kezdődtek legkorábban, 1952-ben.)

A *H-alfa észlelések* egy 0,05 nm sávszélességű Lyot-típusú monokromátor segítségével, a debreceni koronagráf-távcsővel történtek. A koronagráf effektív fókuszsíkjaiban a napkorong átmérője kb. 12,5 cm. A Nap egy-egy flér-aktív vidékének vizsgálatához a napkorong 24×35 mm-es részletéről speciális filmet használva készültek a fotografikus észlelések. A Lyot-féle monokromátor a H-alfa vonal centrumában és annak $\pm 0,1$ nm-nyi környezetében használható. Így a fotoszféra felett különböző magasságokban fekvő objektumok felismerésére, ezek moz-

gásában a látóvonalba eső különböző, mintegy ± 60 km/s-ot meg nem haladó sebességek megkülönböztetésére is lehetőség nyílik. A vázolt műszerezettséggel végzett debreceni H-alfa észleléseket (a debreceni és gyulai fotoszféra-észlelésekhez hasonlóan) ma már nemzetközileg is számon tartják.

A fotoszféra-fotohéliogramokat az obszervatórium elsősorban a *napfoltok mozgásaira vonatkozó vizsgálatokhoz* használja fel, de ezek lehetőséget nyújtanak a naptevékenységgel kapcsolatos más jellegű kutatásokra is. A H-alfa észlelések célja a *flerek keletkezésének és lefolyásának tanulmányozása*, a flerekben, illetve a flerekkel kapcsolatban tapasztalható különféle mozgások vizsgálata.

Ezen (és részben a régebbi saját észlelések alapján folytatott) kutatások révén újabb példákkal sikerült alátámasztani az obszervatórium korábbi eredményét, amely szerint a *napfoltumbrák mozgásai és a nagyobb flerek között szoros kapcsolatnak kell lennie*. Számos új debreceni példa igazolja azt is, hogy a nagyobb umbrák a kisebb umbrák és pórusok összemozgása útján keletkeznek, illetve növekszenek meg. Az eredmények nyomán ez a folyamat döntő tényezőnek tekinthető a napfoltcsoportok kifejlődésénél.

Az obszervatórium csaknem valamennyi kutatását nemzetközi kooperációban végezte az utóbbi évek során is. Így a *KAPG* néven ismert, a szocialista akadémiák közötti multilaterális egyezmény alapján és ennek keretében a „*szo-láris aktív vidékek keletkezésére*”, valamint a „*szo-láris mágneses terek gyors változásaira*” vonatkozó kutatási program is foglalkoztatta kutatóinkat — a megelőző évekhez hasonlóan. Az utóbb említett vizsgálatok már több évvel a KAPG-szervezet beindítása előtt megkezdődtek a Szovjetunió Tudományos Akadémiája pulkovói Csillagászati Főobszervatóriumának koordinálásával, és ebben a debreceni obszervatórium kezdettől fogva részt vesz.

Ugyancsak kezdettől fogva közreműködünk az *Interkozmosz* keretében folytatott napfizikai kutatásokban. A felbocsátott Interkozmosz mesterséges holdak és rakéták fedélzeti méréseivel egyidejűleg „kísérő földfelszíni megfigyeléseket” végzünk. A korábbi években (főleg fotoszféra-észleléssorozatok révén) a *napfoltumbrák mozgásának vizsgálatához*, míg később, különösen 1979-től, H-alfa észleléssorozatokkal, a *naplégkör fotoszféra feletti rétegeiben lejátszódó mozgások tanulmányozásához* gyűjtöttünk megfigyeléseket.

Az 1979. év kezdetétől az 1981. év végéig elsődlegességet kellett biztosítani a „*Nap-Maximum Év*” (*SMY*) elnevezésű, igen széles körű nemzetközi kooperációban folytatott észlelési munkáknak. Az *SMY* észleléseket és kutatásokat a *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics (SCOSTEP)*, azaz a Nap — Föld fizikai kapcsolatok kutatását szorgalmazó és koordináló nemzetközi bizottság szervezte. Ebben csaknem vala-

mennyi, mintegy 70 „földi” napfizikai obszervatórium, s számos mesterséges égitestre helyezett észlelő-mérőberendezés is részt vett. Az általában öt-hat napos, telexüzenetekkel koordinált SMY észlelési kampányok legtöbbszörében a debreceni obszervatórium közreműködése igen sikeres volt. Már 1980 második felében elkezdődött az észlelések nemzetközi együttműködésben történő feldolgozása. Ezen munkálatokban külföldi felkérések alapján az obszervatórium ismét jelentős feladatokat kapott és vállalt.

Kutatási eredmények és nemzetközi kapcsolatok

Az új kutatási eredményeket először általában egy-egy nemzetközi tudományos tanácskozáson, külföldön ismertették az obszervatórium kutatói. Így a Nagy Imre és Ludmány András által készített dolgozatot (egy szabályos bipoláris napfoltcsoport gyors kialakulásáról) a magnetográf-észlelésekkel foglalkozó KAPG-munkacsoport ülésén, Irkutszkban, 1980 februárjában Ludmány A. mutatta be.

A „10. Regionális (KAPG) Napfizikai Konzultáción” három, napfoltokra vonatkozó statisztikai jellegű előadás szerzői között öt obszervatóriumi kutató neve szerepelt. Kálmán Béla két komplex foltcsoportban a mágneses tér eloszlását vizsgálta, míg Dezső Lóránt a közreműködésével készült két munka eredményeit ismertette, amelyek társszerzői Kovács Ágnes, illetve Kondás László és Nagy I. voltak. (Közülük egyedül csak Kondás L. nem vett részt a potsdami konzultáción.)

Az obszervatóriumban valamennyi kutató igen lelkes közreműködésével indultak meg az SMY-észlelések és -kutatások. Így az obszervatórium igazgatója már 1979 augusztusában beszámolhatott néhány kezdeti észlelési eredményről a montreali „SMY Workshop” alkalmával. A hasonló, Európában tartott két konferencián pedig már több igen fontos debreceni kutatási eredmény is bemutatásra kerülhetett. Külföldi felkérésre (és költségen) az „SMY Workshop” munkájában Szimferopolban (1981 márciusában) Kálmán B. és Dezső L., Annecyban (1981 októberében) Kovács Á. és Dezső L. vett részt. A szimferopoli előadások és poszterek nagy részét külön kiadványban jelentették meg, s ebben társszerzőként még további debreceni kutatók is szerepelnek (Kondás L., Kovács Á., Nagy I. és Bukovinszki Róbert).

A Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) 1979 augusztusi kongresszusán, Montrealban az obszervatóriumból csak az igazgató volt jelen. Ott, az IAU 10. (napaktivitás) komissziójának ülésén beszámolt az obszervatórium azon munkáiról, amelyeket a *greenwichi fotoheliográf-program* folytatásának előkészítésére, és az eredmények homogenitásának

biztosítására végeztek. A beszámolót jóváhagyó elismeréssel vették tudomásul. (IAU Trans. XVII. A, Part II, 1979, 11. old.)

A komisszió elnökének felkérésére már több hónappal a montreali ülészak előtt megalakult az a négy főből álló munkacsoport, amelynek a feladata volt megvizsgálni a *Wolf-féle napfolt-relatívszám meghatározásának problémáit*, s Montrealban vitaindító javaslatot tenni a jövőre, mivel a zürichi csillagvizsgáló bejelentette, hogy nem vállalja többé az ezzel kapcsolatos munkát. (Az ad hoc munkacsoport elnöke J. Eddy, tagjai Zürichből H. Nussbaumer, Boulderből A. Shapley, Debrecenből Dezső L. voltak.)

Az 1979. évi IAU-kongresszuson egyébként a 10. komisszió nemzetközi programokkal foglalkozó állandó jellegű munkacsoportjába Dezső L.-t újabb három évre beválasztották. Ugyanakkor az 1976-ban IAU-taggá választott Kálmán B. és Kovács Á. közül Kálmán B. tagja lett a 12. (naplégkör) komissziónak; így ebben az obszervatóriumot két napfizikus képviseli. (Dezső L. a 12. komissziónak 1976, a 10.-nek 1964 óta tagja.)

Az obszervatórium kutatási eredményeiről és terveiről az igazgató még két nagyobb előadást tartott külföldön: 1979-ben a Hvar Obszervatóriumban egy szűk körű nemzetközi napfizikai tanácskozáson, 1981-ben Oxfordban az Európai Fizikai Társulat (EPS) Napfizikai Szekciójának ülészakán.

Az 1980-ban Budapesten megrendezett *COSPAR-kongresszus* asztrofizikai témájú ülésein több obszervatóriumi kutató is részt vett, és a kongresszus rendezésében is segédkeztek. Mivel az egyik amerikai előadó Budapesten bemutatott dolgozata szerint az obszervatórium 1978. évi fehér fler észlelése adta az első lehetőséget a fotoszféra protonok által okozott gyors felmelegedésének tanulmányozásához, ezért a napfizikai ülés elnökének felkérésére az obszervatórium vezetője (az eredeti programban nem szereplő) külön előadásban részletesen ismertette a vonatkozó észlelések eredményeit.

A SCOSTEP vezetősége az átszervezés utáni első ülészakát a COSPAR-kongresszus idején tartotta Budapesten. Ennek a csaknem egyhetes, az Akadémia székházában tartott konferenciának a Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsa (ICSU) által azóta jóváhagyott új SCOSTEP-alapszabályok megvitatása és kidolgozása volt a fő feladata. Az előkészítés és rendezés hazai feladatait csaknem teljes egészében az obszervatórium látta el. (A SCOSTEP Magyar Nemzeti Bizottságának két obszervatóriumi kutató is tagja.)

Az obszervatórium igazgatója még egy másik nemzetközi tanácskozáson is részt vett. Ő képviselte hazánkat a szocialista országok csillagászati nemzeti bizottságai vezetőinek ötödik összejövetelén, amelyet 1981 májusában Szófiában tartottak.

Az obszervatórium fiatalabb kutatói közül három év alatt négyen vehettek részt külföldön szakmai továbbképzés céljából szervezett rendezvényen: az NDK-ban 1979-ben tartott napfizikai témájú egyhetes nemzetközi iskolán Ludmány A.; az UNESCO támogatásával a fiatal csillagászok számára rendezett háromhetes nyári IAU-iskolán 1980-ban a Hvar Obszervatóriumban Győri Lajos és Kondás L., 1981-ben Kairóban Gesztelyi Lidia. Mind Kondás L., mind Gesztelyi L. lehetőséget kapott arra is, hogy egy-egy előadást tartson külföldi kollégák előtt a hazai napfizikai kutatásokról. A külföldi tartózkodási költségeket mindegyik esetben teljes egészében a rendező szervek biztosították.

Az Interkozmosz kozmikus fizikai munkacsoportjának az 1979., 1980. és 1981. évi munkaértekezletén (Varsóban, Budapesten és Jerevánban) Kálmán B., míg a KAPG-egyezmény keretében tartott napfizikai tanácskozáson 1981 tavaszán (Pulkovóban) Kálmán B. és Nagy I. képviselte az obszervatóriumot.

A debreceni obszervatóriumnak a kiszlovodszki (és pulkovói), valamint a krími és potsdami obszervatóriumokkal folytatott észlelési és kutatási együttműködése megkívánja, hogy debreceni kutatók időnként ellátogathassanak legalább egy-két hétre a külföldi társintézetekbe, valamint, hogy Debrecenben is mindig lehetőség legyen külföldi napfizikusok fogadására. Ennek megfelelően járt Kiszlovodszkban 1979-ben Nagy I., 1980-ban Csepura György és Gesztelyi L., 1981-ben Gerlei Ottó és Bukovinszki R., Potsdamban pedig Ludmány A. 1981-ben. Kálmán B. 1979-ben négy hétig dolgozott a Krímben, majd ugyanebben az évben egy második utazás alkalmával a Krímben és Pulkovóban folytatott konzultációkat. A kiszlovodszki obszervatórium vezetője, M. N. Gnyevisev 1979-ben és 1981-ben, T. T. krími Cap napfizikus pedig 1981-ben látogatott el Debrecenbe. Potsdamból G. Bachman 1979-ben, H. Künzel 1979-től 1981-ig minden évben járt Debrecenben. Más külföldi napfizikus vendégei is voltak az obszervatóriumnak. Így Wroclawból B. Rompolt 1979-ben, M. Jakimiec és J. Jakimiec 1981-ben, valamint Tátralomnicról A. Antalova 1981-ben. A felsorolt látogatások mind közös kutatások megindítására vagy továbbfolytatásának elősegítésére, és egyben előadások tartására adtak kitűnő lehetőséget. (Ezek költségeit általában a kiküldő fél biztosította, főleg az akadémiák közötti csereegyezmények terhére; csupán B. Rompolt és J. Jakimiec látogattak el Debrecenbe a Magyar Tudományos Akadémia külön meghívása alapján.)

Külön említésre érdemes még a Szlovák Tudományos Akadémia Csillagászati Intézete nyolc munkatársának 1980. november 21-i debreceni látogatása. Ennek során J. Sykora igazgató és munkatársai képekkel gazdagon illusztrált előadások keretében ismertették az 1980. évi indiai napfogyatkozási expedíciójukat, és annak főbb eredményeit. Ezt megelőzően, az év tavaszán az Indiából gépkocsikkal Debrecenen átutazó,

hazatérő expedíció tagjai és vezetőjük, V. Rusin már volt az obszervatóriumban (ahol akkor egy kisebb baleset miatt néhány napot ott is töltöttek).

Az 1979—1981. évek során az említetteken kívül még több külföldi csillagász is felkereste rövid időre az obszervatóriumot. A nyolc (köztük két szocialista) országból hazánkban járt és alkalomadtán egy-egy napra Debrecenbe látogató vendégek között volt 1980-ban az IAU két legutóbbi főtitkára is (E. A. Müller és P. A. Wayman professzorok).

1981 végén jelent meg az obszervatórium saját kiadású, idegen nyelvű közleményei 4. kötetének 2. száma, és eddig az időpontig az obszervatórium kutatói 18 írásukat küldték el külföldi folyóiratoknak közlésre. A széles körű nemzetközi kooperáció révén az obszervatórium fotografikus észleléseinek egy részét (általában ezek filmre készült kontakt másolatait) külföldi kutatóhelyek is felhasználják. Így számos idegen szerző közleményeiben, külföldi kiadványokban is találkozhatunk Debrecenből és Gyuláról származó észlelésekkel.

Az előzőekben vázlatosan felsoroltak: a külföldi felkérések közös észlelésekre és kutatásokra, valamint előadások tartására, továbbá a megnyilvánuló külföldi szakmai érdeklődés mind arról tanúskodnak, hogy a debreceni obszervatórium működése a beszámolási időszakban eredményes volt.

A kutatások továbbfejlesztése, személyi ügyek

A szóban forgó három évben külön említésre érdemes instrumentális fejlesztés nem történt (csupán egy 0,025 nm sáv szélességű, $\pm 0,2$ nm-nél is nagyobb határok között hangolható *Lyot-féle monokromátort* sikerült megrendelni). Ennek ellenére kezdett kibontakozni a kutatási terv jövőbeni szerény kibővítésének lehetősége. Régebbi igazgatói javaslatok nyomán először Kálmán B. a szoláris mágneses terek észlelésének kérdéseivel, majd Ludmány A. a Nap spektrumvonalai kontúrjainak problematikájával kezdett foglalkozni (mindketten szovjet levelező aspirantúra keretében) azért, hogy Debrecenben is ilyen témájú kutatásokat kezdeményezhessenek. Kálmán B. 1980 májusában Pulkovóban védte meg kandidátusi disszertációját, amelyet a Szovjetunió Tudományos Akadémiája Krími Asztrofizikai Obszervatóriumában folytatott tanulmányok alapján, S. I. Gopaszjuk vezetésével készített. Ludmány A. Kijevben az Ukrán Tudományos Akadémia Csillagászati Főobszervatóriuma Napfizikai Osztályán, E. Gurtovenko osztályvezető irányításával 1979-ben kezdte meg aspiránsi munkáját. 1981 végéig már öt ízben, összesen hat hónapot dolgozott a kijevi kutatóhelyen.

1981. december 31-én az obszervatórium kutatói létszáma 12 volt, két kivétellel valamennyien pályakezdő fiatalként 1964 után kezdtek

dolgozni az obszervatóriumban. A kutatók egyharmada a beszámolási időszak folyamán, másik harmada 1974 és 1977 szeptembere között, a harmadik harmad 1969 előtt került az obszervatóriumhoz. 1981 végén a kutatókon kívül az állandó főfoglalkozású dolgozók száma nyolc (négy műszerész, három kutatási segéderő, egy gazdasági vezető), a rész- és mellékfoglalkozású alkalmazottak (takarítónők, nyugdíjasok stb.) száma kilenc volt. Ezen létszámadatokban benne van az obszervatórium gyulai megfigyelőállomásának öt dolgozója is (köztük két kutató).

HORVÁTH ANDRÁS—

PONORI THEWREWK AURÉL—ZOMBORI OTTÓ]

TIT PLANETÁRIUM ÉS URÁNIA CSILLAGVIZSGÁLÓ AZ 1981. ÉVBEN

Planetárium

Műsorok

A nagyközönség 1981-ben havonta négy-kilencféle műsor közül válogathatott, az általános és középiskolásoknak az eddig kialakult rendszerben háromféle oktatóműsort biztosítottunk, míg a felsőoktatási intézmények hallgatóinak szférikus csillagászati programokat adtunk.

A beszámolás évében két új műsor készült el: Taracsák Gábor: *A galaxisok világa*, Schalk Gyula: *A fény világa*.

Átdolgozott műsorok: Csaba György—Taracsák Gábor: *Lesz-e világvége?*, Csaba György: *Hazánk csillagos égboltja*, Taracsák Gábor: *Pillanás a végtelenbe*, Ponori Th. Aurél—Schalk Gyula: *A bellehemi csillag*.

Ezekén kívül még az alábbi műsorokat adtuk: Taracsák Gábor: *A csillagok között*, Schalk Gyula: *Életünk és a csillagászat*, Csaba György—Taracsák Gábor: *Helyünk a Világegyetemben*, Schalk Gyula: *A Nap családja (gyermekműsor)*, Ponori Th. Aurél: *Naptárunk története*, Sajó Péter: *A Világegyetem hangja*, *Űrkutatás — űrhajózás*.

1981-ben tehát, az oktatási programokat leszámítva, 13 különböző műsor szerepelt a programon.

Egyéb programok

Március 21-én, a tavaszi napéjgyenlőség napján, *Tavaszköszöntő* címen, komplex rendkívüli előadást tartottunk. A planetáriumi részt Ponori Thewrewk Aurél, az irodalmi és részben a csillagászati részt Zombori Ottó állította össze, a kultúrtörténeti részt Pap Gábor művészettörténész adta elő. Közreműködött még a kecskeméti Kodály Zoltán Gimnázium énekkara, Ordasi Péter karnagy vezetésével.

1981 szeptemberében a Planetárium körfolyosóján Korga György festőművész főleg *tudományos-fantasztikus témájú képeinek kiállítását* rendeztük meg.

A budapesti csillagászati és űrkutatási szakosztály által a Planetáriumban rendezett központi *csillagászati hét* ismételten igen sikeresnek bizonyult. Első alkalommal sikerült a csillagászati hét előadásait szer-

vesen összeépíteni a planetáriumi műsorlehetőségekkel, mivel minden bolygóprogram egy 15 perces általános planetáriumi bolygóbemutatóval kezdődött.

A Planetárium kupolatermében október végétől havonta két-két alkalommal az *Albinoni zenekar tartott komolyzenei barokk esteket*. A tetszéssel fogadott kamarahangversenyek több pozitív és negatív tanulsággal szolgáltak a Planetárium kollektívájának.

Az Iparművészeti Főiskola, majd a Budapesti Műszaki Egyetem KISZ-szervezete patronálásával működő *Multimedia Stúdió* (MMS) művészeti és műszaki gárdája 1981 folyamán, önköltséges terembérlettel, helyet kapott a Planetárium előadótermében. A MMS tavasztól az év végéig sok lézer-multimedia előadást tartott a planetáriumi műsorok után. Felújított programjuk az 1—1 órás időtartamú *Űropera III* és a *Lézerofónia*, új műsoruk pedig a kb. 30 perces *Lézer 25* című, ismeretterjesztő előadás volt a lézersugár természetéről és művészeti célokra való felhasználásáról.

A Magyar Bélyeggyűjtők Országos Szövetsége 1981-ben is fenntartotta és az év folyamán többször is megújította *csillagászati—űrkutatási témakörű bélyegkiállítását*. A tárlókban dr. Fejéregyházi Sándor, Jász Lajos, dr. Kemény Árpád gyűjtők anyagait mutatták be.

Ugyancsak látható volt a körfolyosón az Országos Műszaki Múzeum által rendezett gazdag *ég- és földgömbkiállítás*.

Látogatottság

Az 1981. évben a Planetárium 973 előadást tartott, *205 477 látogató* előtt. A számok kedvezőbbek az 1980-asaknál (832 előadás, illetve 190 861 látogató). Igen sikeresnek mondható a szombat délelőtti két-két előadás beiktatása a rendes heti programba, bár ez külön terhet rótt a nem teljes számú előadógárdára.

1981-ben a terem kihasználtsága 57,1%, ami azt jelenti, hogy a 370 személyes előadótermünkben az egy műsoron résztvevők átlagos száma 211 volt. A teremkihasználtságnak az előző évekhez képesti (1979: 63%, 1980: 61,5%) kismértékű csökkenését a hétköznapi 18 órás előadások látogatottságának visszaesése okozta. (1981-ben a hétköznapi 18 órás műsorok nélkül 799 előadás volt 187 574 látogatóval, ami 63,5%-os teremkihasználtságot jelent.)

Szervezés és propaganda

1981 augusztusában délelőtti műsorainkhoz *telt házas akciókat* szerveztünk a *nyári ifjúsági táborok* számára.

A Planetárium műsorait naponta a Magyar Rádió, hetenként a Pesti

Műsor továbbra is ismertette. A negyedéves műsorfüzet és az 1981/82. évi iskolai programfüzet az év második felében gazdagabb, megszépült formában került a nagyközönség elé.

Ez évben is kiadtunk nagy számú kártyanaptárt, amelynek képe — Föld a Holdról nézve — az utcai nagy plakátunkon is látható. Kisméretű járműplakátunk a Hold űrszondás felvételének felhasználásával készült. Ezzel a képpel készítettünk egy ún. mozaik kirakójátékot is, amelynek legifjabb nézőink körében volt nagy sikere.

Különösen az új vagy felújított előadások műsorra tűzése idején jelent meg a Planetáriumról és műsorairól ismertetés a napilapokban és más tájékoztató kiadványokban.

Műszaki fejlesztés

A Planetárium műszaki gárdája a vezérlőpultba egy AKAI G—270—D négycsatornás magnetofont épített be, és kialakította az ennek használatához szükséges áramköröket és hangosítóberendezéseket.

Elkészült a külföldi tapasztalatok alapján kialakított *négyszínű lámparendszer* (piros, kék, zöld, sárga) a kupola horizontja mentén, amelynek segítségével különleges fényhatások érhetők el.

Az évi műszaki karbantartás során a *segédvetítők* nagy részét a vezérlőpult eddig kihasználatlan első felébe telepítették át. Ide került a Jupiter-rendszer-vetítő is. Minthogy így az nagyobb képet vetít, az eredeti helyébe fényerősebb halogén izzót építettek be. Lecsökkentették az öt vetített bolygó méretét, így ezek jobban megközelítik a valóságos égbolt nyújtotta látványt. A zoom-objektívra motoros meghajtás készült.

Planetárium Tanács

A társadalmi szervezet aktív tagjai a rendes tavaszi és őszi plenáris üléseken kívül még két ízben tartottak rendkívüli összejövetelt, amelynek keretében az új, illetve felújított műsorokat tekintették és vitatták meg. A legtöbb hasznos észrevételt és tanácsot Balázs Béla, Barlai Katalin, Kulin György és Karlovits Károly adta.

Az év folyamán Almár Iván — a TIT Ügyvezető Elnöksége jóváhagyásával — leköszönt a tanács elnöki tisztéről, és azt Ponori Thewrewk Aurélnak adta át.

Kiadványok

1981-ben a Planetárium Füzetek sorozatban megjelent: Schalk Gyula: *Intelligencia a Világegyetemben* (3. sz.), Csaba György: *Hazánk csillagos égboltja* (4. sz.); nyomdába került kéziratok: Ponori Th. Aurél: *A betlehemi csillag* (5. sz.), Csaba György: *Lesz-e világvége?* (6. sz.).

Nemzetközi kapcsolatok

1981-ben is sok külföldi vendég (belga, finn, görög, norvég, NSZK-beli, osztrák, olasz) kereste fel hivatalosan is a Planetáriumot.

Sajó Péter és Schalk Gyula a TIT kiküldetésében 1981. február 24—27 között Halléban planetáriumi előadói konferencián vett részt. Innen az NDK-beli csillagászati oktatásra és a planetáriumok iskolai szerepére vonatkozó igen hasznos tapasztalatokkal és írásos dokumentumokkal tértek haza.

Horváth András 1981 decemberi akadémiai kiküldetése során felvette a kapcsolatot a moszkvai planetárium igazgatójával, aki rendszeres, évenkénti munkatársi cserelátogatásokat javasolt.

Személyi ügyek

A beszámolás évében, 1981 szeptemberében vonult nyugállományba a Planetárium első igazgatója, Ponori Thewrewk Aurél. Az új igazgató, Horváth András, a fizikai tudományok kandidátusa, az MTA Csillagvizsgáló Intézetének tudományos munkatársa lett.

A negyedik tudományos munkatársi státuszt a beszámoló évében nem sikerült betölteni. A munkatársakra így továbbra is többletfeladatok nehezedtek, bár ezek csökkentek kissé, mert Ponori Th. Aurél nyugdíjasként részfoglalkozásban főleg műsorok készítésével és előadásával kezdett foglalkozni.

Egyéb ügyek

Az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének (KFKI) és Interkozmosz Tanácsa kozmikus fizikai szakbizottságának megkeresésére a Planetárium bekapcsolódik a Halley-üstökös 1986-os űrszondás vizsgálatának, az ún. *Vega-program*nak az előkészítésébe. A tervek szerint a Vega-programhoz a KFKI-ban fejlesztett speciális felvevőkamerák kipróbálása a Planetárium mesterséges égboltjának felhasználásával történik. A *Vega-szimulációs kísérletekben* a kameraegységnek a csillagos háttéren meg kell találnia az üstököst, majd pedig követnie kell a fokozatosan növekvő és az egész látómezőt betöltő égi jelenséget.

Az év elején felavattuk a mellékbejárat előteréből kialakított *kis előadótermet*, ahol 30—40 főnyi csoport számára tartható előadás, szakköri vagy egyéb foglalkozás.

A Planetárium pénztárában tovább folytattuk a *csillagászati és űrkutatási témájú könyvek árusítását*. Sikeresnek bizonyult az Uránia Csillagvizsgáló kiadványainak (csillag- és holdtérkép, Uránia Füzetek stb.) planetáriumi árusítása.

Uránia

Közönségfogadás

Az 1981. évi közönségforgalom a TIT két küldöttgyűlése közötti öt éven belül mindenképpen a legeredményesebbnek mondható, amit a 250 (előadásokról és egyéb rendezvényekről kiállított és számítógéppel feldolgozott) TIT-jelentőlap bizonyít. A beszámolási időszakban a korábbi évekhez hasonlóan az Uránia Csillagvizsgálóban és a citadellai bemutatóhelyen több mint 22 000 ember fordult meg.

A nagyközönség számára a már hagyományos tavaszi és őszi előadás-sorozatokon a következő előadások hangzottak el:

Tavasszal: Csaba György: *200 éves az Uránusz*, Kelemen János: *Üstökőskutatás mesterséges bolygókról*, Gesztesi Albert: *Képek a világűrből*, Horváth András: *Az űrhajózás első 20 éve*, Schlosser Tamás: *Űrszondákkal a bolygók között*, Magyarai Béla: *Hogyan lettem űrhajós?*, Balázs Béla: *Kozmikusválnak a tudományok*, S. Tóth László: *Az űrhajózás égi-mechanikai alapjai*, Abonyi Iván, Pap Gábor, Taracsák Gábor, Zombori Ottó: *Az „űr kultúra”, Trethon Judit: „Űrálmaink”*.

Ősszel: Horváth András: *Munkában az űrrepülőgép*, Kelemen János: *A csillagászat legújabb eredményei*, Zombori Ottó: *Miért vizsgáljuk a változócsillagokat?*, Ponori Th. Aurél: *A csillagászat és a művészetek*, Torma Tibor: *A neutrínó-rejtély*, Balázs Lajos: *Utazás a Tejútrendszer centruma felé*, S. Tóth László: *Végzett-e Ptolemaiosz méréseket?*, Illés Erzsébet: *Újdonságok a Szaturnusz körül*, Fejes István: *A rádióégbolt*.

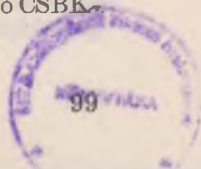
Az Uránia kísérletet tett arra, hogy egy rövid sorozat keretében tudományos-fantasztikus filmek vetítését, és azt követően szakelőadó meghívásával értékelő-elemző konzultációt szervezzen — film-speciál-kollégium jelleggel. Vetítésre kerültek: *A acélváros tüke*, *A nyolcadik utas a halál*, *A csillagok háborúja* és *A Delfin napja* c. filmek.

Bevezetés a csillagászatba című sorozatunkat minden második hétfőn 18 órakor tartottuk, az előadások előadója minden esetben Kelemen János volt.

A távcsöves bemutatók az eddigi műszerpark mellett a tetőteraszon kialakított, eltolható tetejű pavilonban felállított 150/2250-es Meniscas típusú Zeiss-távcsővel történtek.

A Csillagászat Baráti Köre és az amatőr csillagászati szakkörök

A Csillagászat Baráti Köre mozgalomban tovább emelkedett a taglétszám. A CSBK-ügyintézők jelentései alapján megyékre és évekre bontva a táblázat adja a megyék abszolút, illetve a 10 000 lakosra jutó CSBK-taglétszámait (%).



A CSBK-mozgalom taglétszáma

Megye	1977	%	1978	%	1979	%	1980	%	1981	%
Budapest	650	3,15	1036	5,20	1220	5,91	1380	6,69	1520	7,36
Baranya	88	2,03	223	5,14	267	6,15	279	6,43	301	6,94
Bács	80	1,41	192	3,39	224	3,95	307	5,41	346	6,10
Békés	110	2,53	264	6,07	202	4,64	253	5,82	268	6,16
Borsod	142	1,76	312	3,87	385	4,77	513	6,36	552	6,84
Csongrád	86	1,89	238	5,22	172	3,77	226	4,96	260	5,70
Fejér	144	3,40	218	5,15	273	6,45	293	6,93	365	8,63
Győr	80	1,86	182	4,24	168	3,92	161	3,75	197	4,59
Hajdú	104	1,88	166	3,00	219	3,96	237	4,29	258	4,67
Heves	119	3,40	247	7,06	279	7,97	311	8,89	326	9,31
Komárom	120	3,73	280	8,70	264	8,20	308	9,57	302	9,38
Nógrád	47	1,97	102	4,27	105	4,39	125	5,23	135	5,65
Pest	113	1,15	158	1,61	326	3,33	388	3,96	432	4,41
Somogy	38	1,06	60	1,67	67	1,86	91	2,53	106	2,94
Szabolcs	102	1,72	156	2,64	230	3,89	242	4,09	317	5,35
Szolnok	98	2,20	247	5,55	283	6,36	311	6,99	314	7,06
Tolna	15	0,56	51	1,90	66	2,46	81	3,02	44	1,64
Vas	47	1,65	86	3,02	77	2,70	78	2,74	116	4,07
Veszprém	104	2,68	258	6,65	197	5,08	229	5,90	262	6,75
Zala	40	1,26	79	2,49	105	3,31	250	7,89	312	9,84
Összesen:	2327	2,17	4555	4,25	5102	4,76	6063	5,66	6733	6,28

A CSBK vezetősége június 19-én tartotta évi rendes vezetőségi-ügyintézői értekezletét, ahol a mozgalom helyzetét elemezték, és határozat született egy alapos felmérés előkészítésére — a Meteor segítségével — a magyarországi amatőr csillagászok távcsöveinek, a távcsövek minőségi mutatói és segédberendezései témakörben. Ez a felmérés mintegy alapját jelenti a nemzetközi amatőr csillagászati megfigyelési programokhoz való kapcsolódásnak, de egyben saját észlelési programjaink sokkal inkább műszerre orientáltabb kialakításának is.

Az amatőr csillagász mozgalom vezetéséből adódó feladatok között a CSBK-mozgalmon belül is kiemelt helye van az *amatőr csillagászati szakköri hálózat szakmai-módszertani segítésének*. Az amatőr csillagászati szakköri hálózat központi irányítását az Uránia Csillagvizsgáló hosszabb távon — egyéb lehetőségei mellett — nyilván akkor tudja egyre hatékonyabban ellátni, ha *saját szakköröket* működtet, ahol az összegyűjtött tapasztalatokat, tanulságokat aztán közkinccsé lehet tenni. Így az év folyamán kísérleti jelleggel — pedagógiai szempontból a Fővárosi Pedagógiai Intézettel egyeztetve — a budai kerületekre és néhány pesti kerü-

let iskoláira kiterjesztve gyakorlatilag minden tanulói korosztály számára szakköröket szerveztünk, melyeket a Planetárium és Uránia apparátusbeli és társadalmi munkatársai vezettek.

Kiadványok

A *Meteor* — a TIT Csillagászat Baráti Köre megfigyelési tájékoztatója csillagászati szakkörök és észlelő amatőrök számára — 1981-ben kilenc alkalommal jelent meg, a második félévtől kezdődően havonta.

A Meteor mellékleteként — alkalmanként változó példányszámban — megjelentetett *Binokulár-változók* és az *SR-változók* című kiadványok az egyébként is egyre feszesebbé váló lapszerkesztési, összeállítási tempó mellett szép példaként szolgálnak a rovatvezetői feladatokat *társadalmi munkában* ellátó személyek kitűnő munkabírására.

A Meteor szerkesztő bizottsága az év folyamán háromszor ülésezett, amikor is a résztvevők a soros feladatok mellett megkezdték a felkészülést a még munkaigényesebb 1982-es esztendőre, az átállást a havi megjelenésre, a mellékletek minél tartalmasabb kitöltésére.

Továbbra is legkeresettebb kiadványaink az égbolt megismeréséhez és az egyszerűbb amatőr megfigyelésekhez is használható olcsó *csillag- és holdtérképek*, melyek nyitvatartási időkben történő árusítását (a Planetárium pénztárában és az Urániában) a beszámolási időszakban szerveztük meg.

Megjelentettük — és nagy sikere volt — a *Bevezetés a csillagászatba* című Uránia Füzetet, mely a hasonló című Uránia-előadássorozat jegyzeteként is használható.

1981 negyedik negyedévében már *egységes műsorfüzet* készült a Planetárium és az Uránia Csillagvizsgáló programjairól, melyet a nagyközönség szívesen fogadott.

Újra kiadtuk az *Uránia Általános Tájékoztatóját*, mely a CSBK-ba történő belépőszelvényt és a CSBK-tagságnak kedvezményes áron juttatott Uránia-gyártmányok és egyéb kiadványok árjegyzékét is tartalmazta.

Az Uránia műhelyeinek tevékenysége

Az Uránia mechanikai és optikai műhelyei az év folyamán teljes kapacitással üzemeltek, hogy az Urániában, a Citadellán és az észlelőtáborozások során használt bemutató-, illetve észlelőműszerek tervszerű megelőző és felújító karbantartása mellett ki tudják elégíteni az amatőr-csillagászat egyre növekvő mennyiségi és minőségi igényeit. A beszámolási év folyamán a műhelyekben *1118 kész távcső*, illetve távcső összeállításához szükséges optikai készlet, *276 db kész alumíniumozott távcsőtükör*

és 262 db okulár készült el. Figyelemre méltó, hogy a 100—125—150—200 mm átmérőjű tükrök közül a 150 mm átmérőjűek a legkeresettebbek. A nem lebecsülendő számadatok mellett emeli az eladott áruk értékét az a minőségi ugrás, amit az év folyamán fölállított optikai bemérőpaddal ért el az Uránia műhelye. Azóta ugyanis az igényesebb amatőrcsillagászok — bár az előző árakhoz képest drágábban, de — *bevizsgált távcső-tükröket* vásárolhatnak, minőségi garanciával. Az Uránia műhelyei továbbá — előzetes egyeztetés alapján — igény szerint segítenek az országban már működő vagy létesülő csillagvizsgálóknak a tervezési problémáktól a telepítendő távcső kiválasztásán át a kupola műszaki feladatainak megoldásáig. A beszámolási évben így került sor Eger, Pécs, Tatabánya, Kaposvár bemutató csillagvizsgálói műszereinek kisebb-nagyobb felújítására, jusztirozására.

Hazai és nemzetközi kapcsolatok

Az évek óta hagyományosan jól működő együttműködési formák megtartása mellett kiemelendő (a TIT Budapesti Szervezete Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályával történt előzetes egyeztetés alapján) az Urániában lebonyolított csillagászati szabadegyetemi sorozat, a *Csillagászati laboratóriumi gyakorlatok* sikere.

Az Uránia munkatársai előzetes terv szerint részt vettek a hazai továbbképzéseken, szemináriumokon, melyeket az MTA Csillagvizsgálójában, az ELTE Csillagászati Tanszékén, illetve a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumban tartottak. A beszámolási évben ezen túl részt vettek az ELTE által Szombathelyen rendezett Gothard-émlékülésen és a Baján megrendezett II. Nemzetközi Felsőléggör-kutatási, valamint X. Ionoszféra — magnetoszféra szemináriumon.

Az MTA—KFKI felkérésére Kelemen János bekapcsolódott a Vega-programba, és részt vett a Vega-szonda kamerái számára kialakított üstököskeresési módszerek kifejlesztésében. Kelemen János továbbá (Tóth Imrével) a Halley-üstökös digitális fotometriai modelljéből analóg modellt készített.

A szintén hagyományosan jó — főleg szocialista országbeli — amatőrkapcsolatokon belül új lehetőség merült fel a lengyel kapcsolatok kiépítésére, miután Torma Tibor részt vett egy Krakkóban megrendezett konferencián.

Egyéb tevékenységek

Az Uránia Csillagvizsgáló munkatársai 1981-ben is sok segítséget nyújtottak a TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmányával közösen előkészített és lebonyolított rendezvényeknél: a választmány levelező tan-

folyamának központi vizsgálói az Urániában (1981. június 18. és december 30.); 10 napos tanfolyam Kiskunhalason (1981. június 20—30.); V. róka-farmi tábor (1981. június 29—július 13.); Csillagászati Szakkörvezetők V. Országos Tanácskozása Leninvárosban (1981. augusztus 21—24.); valamint a megyei szintű CSBK-találkozók (Pécs, 1981. március 7.; Tatabánya 1981. december 20.).

Személyi ügyek

A beszámolási időszakban lényegi változás, hogy az egységes intézményként üzemelő Planetárium és Uránia Csillagvizsgáló Ponori Thewrewk Aurél nyugdíjba vonulása miatt új igazgatót kapott, dr. Horváth András személyében. Ugyancsak nyugdíjba vonult Murányi Lászlóné, aki hosszú évtizedeken át az Uránia titkárnői feladatait látta el, helyére Rónai Edith került.

Igazgató: Ponori Thewrewk Aurél (1981. május 1-ig), Horváth András (1981. május 1-től). Csoportvezető, választmányi referens: Zombori Ottó. Titkárnő: Murányi Lászlóné, majd Rónai Edith. Gazdasági ügyintéző: Bársony Bertalanné. Tudományos főmunkatárs: Kulin György (részfoglalkozásban). Tudományos munkatársak: Kelemen János, Torma Tibor. Gondnok: Nagy Ferenc. Takarító: Hajnal Ferencné. Műszaki csoportvezető: Kürti Imre. Műszerészek: Varga János, Orgoványi János (részfoglalkozásban). Optikus: Ulrich Ferenc (részfoglalkozásban), Busi György (részfoglalkozásban). Kézbesítő: Bársony Bertalan (részfoglalkozásban). Citadellai pénztárosok: Szentgróti Rezsőné, Szépfalussy János, Zombori Judit.

A nagyközönségi forgalom lebonyolításában legaktívabb társadalmi munkatársaink voltak 1981-ben: Ács-Kurucz László, Bán András, E. Kovács Zoltán, Deicsics László, Farkas Ernő, Holl András, Kovács Attila, Molnár Tamás, Nagy Ferenc, Róka László, Spányi Péter, Steiner András, Szalma Sándor, Szánthó Lajos, Tarnai Kálmán, Varga Géza és Závodi László.

A TIT CSILLAGÁSZATI ÉS ŰRKUTATÁSI VÁLASZTMÁNYÁNAK ÉS SZAKOSZTÁLYAINAK 1981. ÉVI TEVÉKENYSÉGE

Rövid áttekintés a szakosztályok és a választmány 1977—81. éves ciklusban végzett tevékenységéről

A TIT-küldöttgyűlésre való felkészülés jó alkalmat ad arra, hogy választmányunk munkájáról és a szakosztályainkban az 1977—1981. éves ciklusban elért főbb eredményekről is röviden számot adjunk. Ez utóbbiakról a táblázatok adnak statisztikai összeállítást, évekre és megyékre bontva. Feltéve, hogy a statisztikai adatgyűjtő munka — hibáit is beleértve — konzekvens, úgy a megyék közti összevetésből és az éves változásokból kiolvasható folyamatok már reálisaknak mondhatók, s bizonyos megállapítások is tehetők.

Kétségtelen, hogy a *TIT Planetáriumnak* — mint az egyik legkorszerűbb csillagászati ismeretterjesztő intézménynek — 1977-ben történt elkészülte óta átrendeződött a csillagászati ismeretterjesztő tevékenység, hiszen ez a korábbiakhoz képest mintegy ezerrel több előadást és 200 ezerrel több látogatót jelent. Mégis kiemelhetjük, hogy az évente emelkedő számú előadások zömét a viszonylag kis létszámú szakosztályi tagság (1977-ben 452 tag, 1981-ben 495 tag) mind növekvő színvonalon és hatékonysággal tartotta meg.

1. táblázat

**Csillagászati és űrkutatási tárgyú előadások
és egyéb rendezvények száma**

	1977	1978	1979	1980	1981
összes előadások száma	3618	4010	4333	5114	5763
ebből					
Budapest	1010	1445	1476	1593	1861
Planetárium és Uránia	613	1031	1139	1048	1233

A választmány a beszámolási időszakban évente két plenáris ülést, négy vezetőségi ülést, aktuális témakörből előadói konferenciákat, két központi levelező tanfolyami vizsgát (vizsgázottak száma: 280) tartott.

A beszámolási időszakban a megyei szakosztályi munka segítségét — a rendszeres megyei beszámoltatásokon túl — sikerült hatékonyabbá tenni a választmány vezetőségi tagjainak megyei látogatásai révén. Ezek a látogatások a személyes munkakapcsolatok javításán túl nagyban hozzájárultak a szakosztályi élet fellendítéséhez, a társadalmi és apparátusbeli munkatársak közötti munka jobb elosztásához.

Rendezvények

- 1977: 10 napos tanfolyam (Gyöngyös), szakkörvezetői tanácskozás (Esztergom), I. rókafarmi észlelőtábor
1978: Csillagászat Baráti Köre X. Országos Találkozója (Budapest), II. rókafarmi észlelőtábor, Hell Miksa emlékülés (Eger)
1979: 10 napos tanfolyam (Nyíregyháza), szakkörvezetői tanácskozás (Tatabánya), III. rókafarmi észlelőtábor
1980: CSBK XI. Találkozó (Szolnok), IV. rókafarmi észlelőtábor
1981: 10 napos tanfolyam (Kiskunhalas), szakkörvezetői tanácskozás (Leninváros), V. rókafarmi észlelőtábor

A választmány 1981. évi tevékenysége

A választmány munkatervének megfelelően négy vezetőségi és két plenáris ülést tartott.

Vezetőségi ülések

1981. február 25. (TIT Planetárium)
— A Csongrád megyei szakosztály munkájának tapasztalatai (dr. Károssy Csaba);
— A tavaszi plenáris ülés előkészítése (Zombori Ottó);
— Az Uránia Csillagvizsgáló szerepe az amatőrmozgalom irányításában (Ponori Thewrewk Aurél);
— A megyei (budapesti) szakosztályok munkatervének értékelése (dr. Balázs Béla).
1981. május 13. (ELTE Csillagászati Tanszék)
— A Vas megyei szakosztály munkájának tapasztalatai (dr. Tóth György, Vértess Ernő);
— Tájékoztató a választmány rendezvényeivel kapcsolatos aktuális tennivalókról (Zombori Ottó).
1981. október 21. (Uránia Csillagvizsgáló)
— A Szabolcs-Szatmár megyei szakosztály munkájának tapasztalatai (M. Takács Ferenc);

Az előadások megoszlása és látogatottsága (1977-1981)

	Előadások és egyéb rendezvények száma						Rendezvények száma					
	1977	1978	1979	1980	1981	Összesen	1977	1978	1979	1980	1981	Összesen
Budapest	1010	1445	1476	1593	1893	7 417	113 094	195 131	227 111	216 034	238 878	990 248
Baranya	563	359	419	567	565	2 473	20 219	13 042	15 996	21 238	22 014	92 509
Bács-Kiskun	209	184	334	406	345	1 478	7 611	7 475	12 740	16 207	12 817	56 832
Békés	236	345	232	410	473	1 696	9 207	15 236	9 639	20 504	25 751	80 337
Borsod	263	238	241	267	231	1 240	7 488	6 719	7 737	8 534	10 223	40 701
Csongrád	153	150	86	150	88	627	5 226	6 141	5 868	6 131	5 403	28 769
Fejér	82	153	250	250	310	1 045	4 033	4 871	7 156	8 101	9 024	33 185
Győr-Sopron	89	50	45	75	44	303	2 738	1 728	1 503	2 597	2 560	11 126
Hajdú-Bihar	96	90	96	85	83	450	4 091	4 404	3 332	2 790	2 897	17 514
Heves	83	94	131	104	107	519	2 791	4 311	4 709	3 832	3 349	18 992
Komárom	135	184	133	106	154	712	6 578	6 412	5 069	4 224	4 418	26 701
Nógrád	48	69	64	113	168	462	1 922	2 258	1 990	5 741	8 554	20 465
Pest	153	137	218	254	336	1 098	5 272	4 859	7 899	8 420	13 735	40 105
Somogy	33	20	15	35	190	293	957	690	422	1 049	4 570	7 688
Szabolcs	51	71	102	82	130	436	2 078	2 878	2 594	2 603	4 890	15 043
Szolnok	142	156	186	183	200	867	6 916	5 869	8 347	8 260	8 062	37 454
Tolna	53	68	70	64	66	321	1 660	2 332	2 197	2 710	2 697	11 596
Vas	39	31	27	57	103	257	1 179	1 049	891	2 531	4 979	10 629
Veszprém	98	74	71	111	78	432	3 824	2 701	2 561	3 789	2 834	15 709
Zala	82	92	137	202	199	712	3 270	2 677	4 172	7 447	6 475	24 041
Megyeik	2068	2565	2857	3521	3870	15 421	97 060	95 634	104 822	136 709	155 252	589 477
Összesen	3618	4010	4333	5114	5763	22 838	210 154	290 765	331 933	352 749	394 130	1 579 725

Csillagászati rendezvények különböző fajtáinak megoszlása (1981)

Megye főváros	Előadások és távcsöves bemutatók száma	Csillagászati hét előadásai		szabad- egye- temek	Előadói konferencia	Szakkörök		CSBK		Egyéb rendezvények	Új létesít- mények
		megye- székh.	egész megye			száma	fog- lalk. száma	tagok száma	fog- lalk. száma		
Budapest	1893	7		137	3		32		418	56	
Baranya	565	4	10	9	1				32	Csill. klub (5)	
Bács-Kiskun	345										
Békés	473					13		552		Szakköri vetélkedő	
Borsod	231					1		260			
Csongrád	88										
Fejér	310										
Győr-Sopron	44										
Hajdú-Bihar	83	5	32			9		258		CsBK	
Heves	107		1 helyen							am.észl.táb.	Kaposvári Úránia
Komárom	154		3—4 helyen					320			
Nógrád	168										
Pest	336										
Somogy	190										
Szabolcs	130										
Szolnok	200										
Tolna	66			10	2					isk. nap.	
Vas	103	kb. 6	kb. 10			3		116		10 közm. t.	
Veszprém	78		5 helyen					262		16 ea.	
Zala	199		4 helyen					318		2. CSBK	Útt. ház. Csill. új ref- raktor
Megyek	3870										
Összesen:	5763										

- Tájékoztató a Csillagászati Évkönyv előkészületi munkálatairól (dr. Almár Iván);
 - Az őszi plenáris ülés előkészítése, a Választmány 1982. évi munkaterv-javaslat (Zombori Ottó).
1981. december 29. (TIT Természettudományi Stúdió)
- A Veszprém megyei szakosztály munkájának tapasztalatai (Lendvai László);
 - A vezetőség megyei látogatásainak tapasztalatai (dr. Kanyó Sándor).

Plenáris ülések

1981. április 22. (TIT Stúdió)
- A választmány oktatást segítő tevékenysége (dr. Marik Miklós);
 - Beszámoló az 1980-ban végzett csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztés fő tevékenységéről és a választmány munkájáról (dr. Kanyó Sándor);
 - Szakmai továbbképző előadás: „Ember a világűrben” (dr. Horváth András, dr. Szilágyi Tibor, dr. Almár Iván).
1981. november 11. (TIT Stúdió)
- A választmány vezetőségének beszámolója a választmány 1977—1981 közötti tevékenységéről (dr. Almár Iván);
 - A vezetőség javaslata a választmány 1982. évi munkatervére (Zombori Ottó);
 - Szakmai továbbképző előadások: „Újabb eredmények külső bolygók kutatásában” (Illés Erzsébet), „A szaturnuszholdak égi-mechanikai érdekességei” (Érdi Bálint).

A plenáris ülés elfogadta a választmány 1982. évi munkatervét.

A Választmány vezetősége az év folyamán helyszíni tapasztalatszerzésen vett részt Baranya, Bács-Kiskun, Békés, Borsod, Fejér, Hajdú, Komárom, Nógrád, Somogy, Szabolcs, Szolnok, Tolna, Vas, Veszprém és Zala megyékben.

A választmány közreműködésével, illetve tartalmi útmutatásai alapján lebonyolított rendezvények:

- V. amatőr-csillagász észlelő-építőtábor Rókafarmon (1981. június 29-től július 13-ig, 2×15 fő);
- „100 éves a Gothard Obszervatórium” emlékülés Szombathelyen (1981. május 28-tól 30-ig, együttműködve az ELTE Csillagászati Tanszékével);
- A választmány levelező tanfolyamának központi vizsgái az Uránia Csillagvizsgálóban (1981. június 17. és december 30.);
- Csillagászati szakkörvezetők V. Országos Tanácskozása Leninvárosban (1981. augusztus 21-től 24-ig);

- Központi előadói konferencia (1981. december 29.): „A neutrínó tömegétől az Univerzum szerkezetéig (Paál György), „Új úrhajózási hordozóeszköz: az űrrepülőgép” (Szentesi György);
- 10 napos bentlakásos tanfolyam Kiskunhalason (1981. június 20-tól 30-ig).

A választmány vezetőségéből a TIT Országos Elnöksége ülésein dr. Almár Iván, dr. Kulin György, Ponori Thewrewk Aurél, dr. Horváth András és Zombori Ottó vettek részt. A választmány levelező tanfolyamának vizsgáin 1981-ben 43 fő szerepelt eredményesen.

Gagarin űrrepülésének 20 éves jubileuma alkalmából ünnepi előadói segédanyagot jelentettünk meg, valamint nyomdába adtuk a „Csillagászati Értesítő” 1981/2-es számát.

A CSILLAGÁSZAT LEGÚJABB EREDMÉNYEIBŐL

A Naprendszer kutatása szempontjából az utóbbi évek kiemelkedően érdekes eseménye volt a Voyager űrszondák látogatása a Szaturnusz bolygónál. A Voyager—1 1980 novemberében, a Voyager—2 pedig 1981 augusztusában haladt el a Szaturnusz szomszédságában, s végzett páratlanul érdekes megfigyeléseket a bolygóról, annak gyűrűrendszeréről és holdjairól. A Szaturnusz környezetét elhagyva a Voyager—1 újabb célpont nélkül a Naprendszerből kifelé halad, a Voyager—2-re azonban még fontos küldetés vár: 1986-ban az Uránusz, majd 1989-ben a Neptunusz megközelítése.

A következőkben előbb áttekintést adunk a Szaturnusz-rendszer kutatásának eredményeiről, majd (teljességre korántsem törekedve) összefoglaljuk a csillagászati kutatások legérdekesebb, legfontosabb újdonosságait.

A Szaturnusz

a Jupiter után a Naprendszer második legnagyobb bolygója. Tömege $5,7 \cdot 10^{29}$ g, egyenlítői sugara kb. 60 000 km. Gyors, $10^h 39^m$ -s periódusú tengelyforgása miatt a bolygó erősen lapult, a poláris sugár kb. 10%-kal rövidebb az egyenlítőinél. Átlagos sűrűsége $0,7 \text{ g/cm}^3$ — a legkisebb az összes bolygóé között.

A Szaturnuszt *átlátszatlan felhőzet* veszi körül. Légköre főként metánból és ammóniából áll. A távoli felvételeken a bolygó halványsárga korongján az egyenlítővel párhuzamos *világosabb és sötétebb sávok* láthatók. A felhők megfigyelését megnehezíti, hogy ezek egy kb. 80 km vastag, igen finom részecskékből álló *páráréteg* alatt helyezkednek el, amely a ráeső fény kb. 50%-át visszaveri. A páráréteg alján a hőmérséklet kb. 97 K. A felhők a felfelé áramló melegebb gázokból (hidrogén, metán és ammónia) kondenzálódott cseppekből állnak össze. Színüket az igen kis mennyiségben jelenlevő szén- kén- és foszforösszetevők adják.

A Voyager-felvételek tanúsága szerint a páráréteg alatt a felhőzet igen változatos finomszerkezetet mutat: *örvények, anticiklonszerű áramlások és hosszú, hullámszerű képződmények* (ún. „jetek”) figyelhetők meg.

A légkör általános áramlási képe igen eltérő a Jupiterétől. A Jupiteren mind a keleti, mind a nyugati irányú áramlás gyakori, de ezek erőssége csak mintegy negyede a Szaturnuszon tapasztaltaknak. *A Szaturnuszon a szelek döntő többsége kelet felé fúj: a $\pm 35^\circ$ -os szélességi tartományban egy keleti irányú, 500 m/s sebességű hatalmas cirkuláció uralja a légkört.* Néhány, ellenkező irányú, lényegesen kisebb sebességű áramlás csak a magas szélességeken figyelhető meg. Az erős, egyenlítő menti áramlás összemossa az itt kialakuló képződményeket. Stabilabb, hosszabb ideig megmaradó alakzatok csak magas szélességeken észlelhetők. Így például a Voyager—1 az 55° -os déli szélességen négy hónapon át követett nyomon egy 6000 km hosszú, narancsszínű, ovális alakú képződményt (örvényt), mely méretében és szerkezetében erősen hasonlított a Jupiteren megfigyelt fehér oválisokra.

A Szaturnusz mágneses tere igen jól közelíthető egy szabályos dipóltérrel, amelynek tengelye csaknem pontosan megegyezik a bolygó forgástengelyével. Erőssége kb. ezerszerese a földinek. A Szaturnusz *magnetoszférája* több százezer kilométerre terjed ki; a Nap felőli oldalon összenyomódott, az ellenkező irányban elnyúltabb. A magnetoszférán belül, az Enceladus és a Dione pályája között egy nehéz ionokból és nagy energiájú töltött részecskékből álló, *tórusz alakú plazmafelhő* húzódik. A Rhea és a Titan pályája között egy hasonló, *semleges hidrogénből* álló képződmény található.

A Szaturnusz szabályos, $10^h 39^m 26^s$ -os időközönként *rádiósugárzást* bocsát ki a kilométeres hullámhossztartományban. Ez a periódus a bolygó pontos tengelyforgási periódusaként értelmezhető. A Voyager űrszondák mérései szerint a rádiósugárzás az északi pólus közeléből ered, és akkor jelentkezik, amikor a sugárzást kibocsátó zóna a Nap irányába fordul.

A Szaturnusz gyűrűi

a leglátványosabb égi objektumok közé tartoznak. Amilyen látványosak, olyan meglepő tulajdonságaikról tudósítottak a Voyagerek.

Klasszikusan a gyűrűket három részre osztották, az *A-, B- és C-gyűrűre*. Legkülső az *A-gyűrű*, ezt a *B-től* a sötét *Cassini-rés* választja el. Legszélesebb és legfényesebb a *B-gyűrű*, amelynek belső éléhez a leghalványabb *C- vagy fátyolgyűrű* csatlakozik. Az *A-gyűrűben* egy keskeny, sötét *sáv*, az *Encke-rés* figyelhető meg. Korábban mind az Encke-, mind a Cassini-rést üresnek gondolták. Ennek oka a Cassini-rés esetében a

Mimasszal való 2:1-es rezonancia, az Encke-résnél pedig egy még ismeretlen holddal való feltételezett rezonancia lett volna.

Ezt a képet már a Pioneer—11 megfigyelései is lényegesen módosították. (Az űrszonda 1979 szeptemberében repült el a Szaturnusz mellett.) A Pioneer—11 kimutatta, hogy a *C*-gyűrűn belül létezik egy igen halvány *D*-gyűrű (amit egyébként már földi megfigyelések alapján is gyanítottak), továbbá felfedezte az *A*-n kívül a vékony *F*-gyűrűt, és azon is kívül a halvány *G*-gyűrűt, továbbá jelezte, hogy a Cassini-résben is kell anyagnak lennie! A Voyager űrszondák azután további részletekkel szolgáltak. Talán a legváratlanabb az a felfedezés volt, hogy *a fő gyűrűk további kisebb gyűrűkre bomlanak*, egészen a Voyager-kamerák felbontóképességének néhány km-es alsó határáig.

D-gyűrű

Legbelül helyezkedik el a *D*-gyűrű, amely egészen a Szaturnusz felhőzetéig terjed. Anyaga igen finom részecskékből áll, amelyek a *C*-gyűrűből kerülhetnek át, és amelyek a súrlódás miatt *spirális pályákon* igen gyorsan a Szaturnusz légkörébe jutnak.

C-gyűrű

Valamivel fényesebb, de még mindig igen halvány a *C*-gyűrű, amely a ráeső fénynek csak néhány százalékát veri vissza. Túlnyomórészt ez is igen finom részecskékből áll. A *C*-gyűrűben a rések némiképp szabályosan követik egymást. Érdekes az egyik vékony gyűrűcske, mely a többi-től eltérően nem kör, hanem *ellipszis alakú*, és ráadásul nem mindenhol egyformán fényes.

B-gyűrű

A *B*-gyűrű a legszélesebb, legfényesebb, és a legkevésbé engedi át a fényt. Alulról (a Nap által meg nem világított oldalról) fényképezve sötét — jelezve, hogy a gyűrűt nagyobb részecskék alkotják, mint a *C*-gyűrűt.

A *B*-gyűrűt megdöbbenően nagyszámú, *több száz fényes és sötét gyűrűcske alkotja*, melyek minden látszólagos rendszer nélkül követik egymást. A gyűrűcskék többségének a fényessége 10—30%-kal tér el a gyűrű átlagos fényességétől. *Az egyes gyűrűcskék határa igen éles*. A Voyager—2 észlelte a δ Scorpii nevű csillagnak a Szaturnusz gyűrűrendszere által történt fedését. A csillag fényének a gyűrűkön való keresztülhaladásakor bekövetkező változásaiból egyrészt pontosan meg lehetett határozni a gyűrűcskék helyzetét, másrészt azok szerkezetét egészen kb. 100 m-es felbontásig lehetett tanulmányozni.

A nagyszámú gyűrűcske jelenlétének megmagyarázása igen nehéz. Kézenfekvőnek látszik, hogy az anyag ilyen formába való rendeződése főként a *gravitációs kölcsönhatás* eredménye, a kiváltó mechanizmus azonban nem ismeretes. Az *F*-gyűrűt határoló két kísérőhold (ld. később) modellje alapján felvetődött a „beágyazott” holdak gondolata. Eszerint a gyűrűk anyagába beágyazva kisméretű holdak keringenek, amelyek gravitációs hatásuknál fogva „felsöprik, megtisztítják” pályájukat az ott levő kisebb részecskéktől, és így a fő gyűrűket kisebb gyűrűk sokaságára bontják. A Voyager—2 azonban sikertelenül kutatott ilyen „beágyazott” holdak után.

Egy másik lehetőség a gyűrűcskéket *rezonancia-effektusok* eredményeként értelmezni. A gyűrűcskék nagy száma azonban komoly nehézséget jelent. Mindenesetre a rezonanciával kapcsolatban a Voyager—2 érdekes megfigyelést tett. A Mimaszal való 2:1-es rezonancia a *B*-gyűrű külső szélére esik. A rezonancia hatására a gyűrű éle elliptikussá torzul és forgásba jön: körülfordulásának ideje megegyezik a Mimas keringési periódusával, nagytengelyének iránya pedig mindig 90°-os szöget zár be a Mimas-pályáéval.

Egy másik meglepő, szintén a *B*-gyűrűben észlelt jelenség a *küllős szerkezet*: a gyűrű átlagos fényességénél 5—10%-kal sötétebb sávok haladnak radiálisan kifelé, átmetszve az útjukba eső sötét és világos gyűrűcskéket. (Ez arra utal, hogy a küllők a gyűrű síkja fölött lehetnek.) A küllők nem stabil képződmények, rövid idő alatt keletkeznek és megszűnnek, a Voyager—2 például több küllő fejlődését követte nyomon. A küllők keletkezésének rejtélye nem megoldott. Az elképzelések szerint a *gyűrűk anyagának elektromosan töltött finom részecskéit a Szaturnusz mágneses tere emeli ki a gyűrű síkja fölé*, s rendezi a megfigyelt sugaras szerkezetbe. Ezt alátámasztani látszik az a megfigyelés, hogy a küllők a Szaturnusz mágneses terével forognak együtt.

A Cassini-résben

is meglepetésre több gyűrűcske található. Négy fő, szélesebb gyűrűcske különböztethető meg, amelyeket keskeny rések választanak el egymástól. Az egyes gyűrűcskéken belül további, még vékonyabb gyűrűcskéket figyelhetők meg. A Cassini-rés *A*- és *B*-gyűrűket határoló sötét sávjaiban azonban nem észleltek anyagot.

A-gyűrű

Ez a gyűrű nem tartalmaz olyan sok finom gyűrűcskét, mint a *B*-gyűrű, de ebben is több keskeny gyűrűcske található. Az *A*-gyűrű közelében, annak határától 800 km-re kering az 1980 S 28 (= S 15) jelű hold, s az

A-gyűrű külső élet feltehetően ennek gravitációs hatása alakítja ki. Az *A-gyűrűben* levő *Encke-résben* a *Voyager—2* egy újabb, kissé elliptikus alakú gyűrűcskét észlelt, amelyen *hurkok* vannak. Ezek magyarázata meglehetősen nehéznek tűnik.

F-gyűrű

Kifelé haladva a következő gyűrű a keskeny, kissé elliptikus *F-gyűrű*, melyet az *1980 S 27* (= *S 13*) és *1980 S 26* (= *S 14*) holdak fognak közre. A *Voyager—1* felvételein az *F-gyűrű három vékony szálra bomlik*, melyek néhol hajfonathoz hasonló módon összezsavarodtak. Elképzelhető, hogy e csavarodásokat a gyűrű finom, elektromosan töltött részecskéire ható mágneses erők alakítják ki. Érdekes azonban, hogy a *Voyager—2* háromnegyed évvel később a fonatos szerkezetet nem észlelte.

G-gyűrű és E-gyűrű

A két legkülső gyűrű a *G-* és az *E-gyűrű*. Mindkettő igen halvány. A *G-gyűrű* az *1980 S 3* (= *S 11*) hold pályáján belül, az *E-gyűrű* az Enceladus pályájánál található.

A Szaturnusz holdjai

Jelenleg 17 holdat ismerünk a Szaturnusz körül. Eltekintve a Titantól és a Phoebétól, ezek két különböző csoportba sorolhatók. Az egyik csoportba a *nagy, közel gömb alakú holdak* tartoznak, míg a másikba a *kicsi, szabálytalan alakú „törmelékholdak”*. Ez utóbbiak tömege mindössze néhány százaléka a nagyobb holdakénak. A holdak mindkét típusának felszínét jég borítja, és anyaguk jelentős része is jég. A Titan a legnagyobb szaturnuszhold, és egyedülálló a Naprendszer holdjai közt abban, hogy *vastag atmoszféra* veszi körül. A Phoebe a legtávolabbi szaturnuszhold, valószínűleg egy befogott kisbolygó. A következőkben ismertetjük az egyes holdak fontosabb tulajdonságait; előbb a nagyholdakat mutatjuk be, belülről kifelé haladó sorrendben.

A Mimas

a gyűrűrendszerhez legközelebb keringő nagyhold. Átmérője 392 km, átlagos sűrűsége 1,2 g/cm³. Hasonlóan a többi holdhoz, a Mimas nagy része is jég. Felszínén *igen sok kráter* található, ezek mérete tág határok között változik. A *Voyager—1* felvételein a felbontás kb. 2 km, és ilyen méretű kráterek is megfigyelhetők. Másrészt egy óriási, 130 km átmérőjű

kráter található e hold Szaturnusz felé eső oldalán. Ez a *Herschel-kráter*, amely egy akkora becsapódás maradványa, hogy az éppen csak nem darabolta szét a holdat. A Mimas felszínét a kráterek mellett *hatalmas árkok* szabdalják: ezek 80—100 km hosszúak, 10 km szélesek, 1—2 km mélyek; valószínűleg a Herschel-krátert létrehozó óriási becsapódáskor keletkezett repedések.

Az *Enceladus*

átmérője 500 km, átlagos sűrűsége $1,2 \text{ g/cm}^3$, így túlnyomórészt ez is jégből áll. A legfényesebb a szaturnuszholdak között, a ráeső fényt csaknem teljes egészében visszaveri. Ugyanakkor a többi hold fényvisszaverő képessége átlagosan csak kb. 50%-os. A Voyager—2 közeli felvételei többféle felszíni alakzatról tudósítottak. Kiderült, hogy ezek a képződmények egy *igen sima felszínen* helyezkednek el, és ez annál inkább érdekes, mivel a szomszédos Mimas és Tethys erősen kráterezett.

Az Enceladuson *három különböző típusú terep* különböztethető meg: közepesen kráterezett, kevésbé kráterezett és barázdákkal szabdaltsíkságok. A kráterek és a felszíni egyenetlenségek összességükben azonban olyan szórványosan fordulnak elő, hogy első pillanatra úgy tetszik: az Enceladust elkerülték azok a becsapódások, amelyek a szomszédos holdak felszínét oly alaposan „feldúlták”.

Az is lehet, hogy valamilyen folyamat eredményeként a becsapódások nyomai megsemmisültek. Mivel az Enceladus felszíne geológiai értelemben *fiatal* (a barázdált síkságok például 100 millió évesek, és még a legöregebb, erősebben kráterezett területek is alig érik el a Dione legfiatalabb képződményeinek korát), a becsapódások pedig időben ennél sokkal korábban zajlottak le, azért az a valószínű, hogy az *Enceladus felszíne helyenként akár többször is átrendeződött*, például megolvadt és kisimult.

Kérdés, hogy egy ilyen viszonylag kicsi „jéggömb”, mint az Enceladus, honnan nyeri az ehhez szükséges hőt? A választ erre a Dionéval való 2:1-es rezonancia adhatja meg. Ez az Enceladust a Szaturnusz körül elliptikus pályára készíti, s a bolygóhoz hol közelebb, hol távolabb jutva *a holdban a dagálysúrlódás hatására annyi hő keletkezhet, amely megolvashatja a jeges felszínt*. Az Enceladus tehát aktív hold volt, s valószínűleg jelenleg is az. Elképzelhető, hogy az Enceladuson „*vulkánok*” vannak, melyek vizet lövellnek ki. Ezzel kapcsolatban érdekes megemlíteni a finom jégzemcsékből álló, széles, de vékony és ritka *E-gyűrűt*, amely az Enceladus pályáját magába foglalva húzódik a Szaturnusz körül, és amelyben a részecskék sűrűségének a maximuma az Enceladus pályájára esik. Lehetséges, hogy a gyűrű anyagához az utánpótlást az Enceladus esetleges „vulkánjai” szolgáltatják?

A Tethys

az Enceladus után a második legfényesebb hold. Átmérője 1050 km, átlagos sűrűsége $1,2 \text{ g/cm}^3$. Felszínét rengeteg becsapódásos eredetű kráter borítja. Ezek mérete tág határok között változik; a legkisebbek ismét 1–2 km-esek, ugyanakkor van egy 400 km átmérőjű óriáskráter is. A legérdekesebb azonban az Ithaca Chasma nevű, igen széles (70 km) és mély (1 km) árokszerű képződmény, amely a hold területének háromnegyed részén fut végig. Ez valószínűleg egy óriási repedés, amely a hold átfagyásakor a belső rétegek hirtelen kiterjedésével keletkezett.

A Dione

átmérője 1120 km, átlagos sűrűsége $1,4 \text{ g/cm}^3$. Igen hasonlít a Rheára és a jupiterholdak közül a Ganymedesre. Felszínét igen sok kráter borítja, de több száz kilométer hosszú völgyek is megfigyelhetők. Jellegzetes képződmények a csoportosan elhelyezkedő fényes sávok („pókhálók”), melyek a rájuk eső fény 60–70%-át is visszaverik, míg a hold felszínének többi része csak 30–50%-ot. A fényes sávok valószínűleg a felszíni törésvonalakban megfagyott vízből állnak. A Dionén a kráterek alja általában sima. Feltehetően a becsapódáskor keletkező hó olvasztotta meg a hold jeges anyagát, amely azután kitöltötte a kráter alját, és ismét megfagyott.

A Rhea

a Szaturnusz második legnagyobb holdja. Átmérője 1530 km, átlagos sűrűsége $1,3 \text{ g/cm}^3$. Felszínét igen sűrűn kráterek borítják. Kráterezettség szempontjából kétféle terület különböztethető meg. Az egyik a telítettségig van kráterekkel: ilyenkor már minden újabb becsapódás annyi krátert pusztít el, mint amennyit létrehoz. Ezek a vidékek igen öregek. A holdnak azon az oldalán viszont, amely jelenleg a Szaturnusz felé fordul, három, nagyjából kör alakú, nagy kiterjedésű, lapos medence figyelhető meg, amelyek kevesebb krátert tartalmaznak. A medencék régi, hatalmas becsapódások eredményeként alakulhattak ki. A becsapódás után a medencék alját kitöltő, olvadt hólészerű anyag később ismét megfagyott, és ezen újabb, de kisebb becsapódások ismét krátereket hoztak létre. Ebben az időben azonban a becsapódások gyakorisága már kisebb volt, így a medencékben nincsen annyi kráter, mint az idősebb területeken.

A Rheán is megfigyelhetők olyan fényes sávok, amelyekről a Dionével kapcsolatban már említést tettünk. Ezek a kéregrepedéseken át a felszínre jutott „friss”, tiszta anyag megfagyásával alakulhattak ki.

A Titan

átmérője 5150 km, így a Ganymedes után a második legnagyobb hold a Naprendszerben. A Voyager—1 űrszonda 2500 km-re közelítette meg. Felszínét azonban nem tudta lefényképezni, mert *a holdat zárt, narancsos színű felhőtakaró veszi körül.*

A Titan átlagos sűrűsége $1,9 \text{ g/cm}^3$. Fele részben szilikátos kőzetekből, fele részben jégből állhat. A jégnek valószínűleg a 9/10-e vízjég, 1/10-e metánjég. A hold légkörének 85%-a nitrogén, 12%-a argon. A metán mintegy 1%-nyi mennyiségű. Található itt ezen kívül kis mennyiségben etán, etilén, acetilén és hidrogén-cianid. A hőmérséklet a pólusoknál 93 K, az egyenlítőnél 95 K. A felszíni légnyomás a földinek 1,6-szerese. A hold felszínét több száz méter vastag *szénhidrogén-üledék* boríthatja, s a Titanon előfordulhatnak folyékony metánból álló tavak és tengerek is.

A Titannak nincs mérhető mágneses tere, és a Voyager—1 eredménytelenül kutatótt a hold esetleges gyűrűi és saját holdjai után. Kimutatható volt viszont egy nagy kiterjedésű, diffúz hidrogénfelhő (tórusz) a hold körül, amely elhúzódik a bolygó körül a Titan pályája mentén.

A Hyperion

a nagyholdak közül a legszabálytalanabb alakú, olyan, mint egy *behorpadt hokikorong*. Méretei $360 \times 210 \text{ km}$ -esek. Felszínét piszkos, sárgásbarna jég borítja, amely a ráeső fénynek mindössze 30%-át veri vissza. Különböző méretű kráterek borítják. Legérdekesebb tulajdonsága azonban az, hogy *a hold hossz tengelye nem a Szaturnusz felé mutat.* Ez azért meglepő, mert a bolygó árapályerői a holdak tengelyforgását úgy szabályozzák be, hogy egyrészt forgási periódusuk és keringési periódusuk egyenlő legyen (kötött tengelyforgás), másrészt legnagyobb tengelyük a bolygó felé mutasson. A Hyperion tengelyforgási periódusa ugyan közelítőleg megegyezik keringési idejével, hossz tengelye azonban nincs egyensúlyi helyzetben. Ennek két oka lehet. Egyrészt a Hyperionnak a Szaturnusztól való távolsága olyan nagy, hogy a gyenge árapályerők a hold keletkezése óta eltelt idő alatt még nem tudták a holdat helyes irányba állítani. A másik, sokkal érdekesebb lehetőség, hogy a holdat valami ütközés billentette ki egyensúlyi helyzetéből, és azt még nem nyerte vissza (és az árapályerők gyengesége miatt még sokáig nem is fogja).

A Iapetus

átmérője 1450 km, átlagos sűrűsége $1,2 \text{ g/cm}^3$. Régóta ismeretes, hogy a *Iapetus* egyik fele sokkal sötétebb, mint a másik, de ennek okát a Voyager űrszondák segítségével sem sikerült megtalálni. A mérések szerint a holdnak a keringési irány szerinti elülső oldala a fénynek mindössze 3%-át veri vissza, és színe fekete, mint a szénpor. Ugyanakkor a másik része fényes, a fény 50%-át is visszaveri; a színe olyan, mint a kicsit piszkos hóé.

Kráterek mind a sötét, mind a világos oldalon nagy számban találhatók. Ez arra utal, hogy a felszín igen öreg. A nagy probléma, hogy mi okozza a feketeséget? Fokozza a kérdés bonyolultságát, hogy a világos oldalon több kráter belseje fekete, míg a hold egyenlítőjénél van egy nagy, fekete, gyűrű alakú képződmény, aminek a belseje világos.

A sötét anyag az egyik elképzelés szerint kívülről került a holdra. Nem világos azonban, hogy ebben az esetben miért csak az egyik felét „kormozta” be? Egy másik magyarázat a hold lehetséges összetételéből indul ki. Eszerint a *Iapetus* anyagának 55%-a vízjég, 35%-a kőzet, 10%-a metánjég lehet. A felszínen vízjég, alatta pedig fagyott metán helyezkedik el. A becsapódások hatására a metán napfényre kerül, s mivel az ütközések valószínűsége a hold elülső oldalán nagyobb, az idők során itt került több metán a felszínre. A Nap ultraibolya sugárzásának hatására azután a metán fotokémiai átalakuláson megy keresztül, s ennek során „melléktermékként” sötét szénhidrogének képződhetnek. Ezek felgyülemzése okozhatja a hold elülső oldalának sötét színét.

A Phoebe

jelenlegi ismereteink szerint a legkülső szaturnuszhold. Tulajdonságai igen eltérők a többi holdétól. Átmérője 200 km, alakja szférikus. Ez meglepő, mert az ilyen kis holdak általában szabálytalan alakúak. A szaturnuszholdak felszínét piszkos vagy tiszta jég borítja. A Phoebe felszíne azonban fényvisszaverődési görbéje alapján sötét, vöröses színű kőzetnek tetszik, mely a ráeső fénynek mindössze 5%-át veri vissza. A Voyager—2 felvételei alapján megállapítható volt, hogy a Phoebe tengelyforgási periódusa 9—10 óra, ami igen eltér 550,3 napos keringési idejétől (a többi hold forgási és keringési ideje megegyezik!). A Phoebe pályája erősen lapult (az excentricitás 0,16), mozgása retrográd, pályasíkja nagy szöget ($150,1^\circ$) zár be a Szaturnusz egyenlítői síkjával. Ugyanakkor a többi hold pályája közelítőleg a bolygó egyenlítőjének síkjában fekszik, s mozgásuk direkt irányú. Mindezek alapján a Phoebe valószínűleg egy befogott aszteroida lehet.

A Szaturnusz „törmelékholdjai”

Mint említettük, ezek kisméretű, szabálytalan alakú holdacsókák. Főként jégből állnak, kicsi kőzetmagjuk lehet. Néhányuk felszínén becsapódásos eredetű kráterek figyelhetők meg. Pályáik égimechanikai szempontból igen érdekesek. Egy részüket a Voyager—1 fedezte fel, a többit 1980-ban a Földről észlelték először, amikor a Szaturnusz gyűrűi élükkel fordultak felénk. Ideiglenes elnevezésük is az 1980-as felfedezési sorrendet tükrözi. (Zárójelben megadjuk az IAU által ugyan még el nem fogadott, de valószínűleg jóváhagyásra kerülő elnevezést is.)

1980 S 28 (= S 15)

A Voyager—1 fedezte fel, az A-gyűrű külső élétől 800 km távolságban kering. *Gravitációs hatása alakítja ki az A-gyűrű külső szélét.* Hosszukás alakú, méretei: $80 \times 60 \times 40$ km. A Voyager—2 is elég távolról fényképezte, felszínén részletek nem láthatók.

1980 S 27 és 1980 S 26 (= S 13 és S 14)

Mindkettőt a Voyager—1 fedezte fel, az F-gyűrűt fogják közre. A gyűrű belső élénél kering az 1980 S 27. Elnyúlt alakú, egyenetlen felszínű. Méretei: $140 \times 100 \times 80$ km. A külső hold, az 1980 S 26 alakja egy kruplira emlékeztet, felszínén világosan kivehető egy nagyobb kráter. E hold méretei: $110 \times 90 \times 70$ km.

1980 S 1 és 1980 S 3 (= S 10 és S 11)

A két hold csaknem azonos pályán kering, és ez a pálya megegyezik a Dollfus által 1966-ban felfedezni vélt Janus pályájával. Elképzelhető, hogy a két hold valamikor egy volt, és egy nagyobb becsapódás két részre szakította. Mindkettő felszínén több kráternyomtalálható. A „törmelékholdak” közül ez a kettő a legnagyobb, méreteik: $220 \times 200 \times 160$ km (1980 S 1), illetve $140 \times 120 \times 100$ km (1980 S 3). A nagyobbik egy jól megtermett kruplira hasonlít, a kisebbik még arra sem.

A két hold mozgása égimechanikai szempontból különleges. Mivel csaknem azonos pályán keringenek, keringési idejük ($16^h 40^m$) csak kb. fél percet különbözik. Ha a két hold mozgása egymástól független lenne, úgy a beljebb levő kb. négyévenként lekörözné a másikat, s az égitestek (mivel nem ponszerűek) a pályák közelsége miatt összeütköznének. A kölcsönös perturbációk azonban lehetővé teszik ennek elkerülését. Mikor a két hold megközelíti egymást, a belső pályán keringő, tehát valamivel gyorsabban haladó hold éri utol a másikat. Jelenleg az S 11 van

belül, az S 10 kívül. Az S 11 tehát utoléri társát, s ekkor lefékezi azt. Ugyanakkor az S 10 pedig felgyorsítja az S 11-et. Így az energiacsökkenés (fékezés) miatt az S 10 kisebb sugarú pályára kerül, az energianövekedés (gyorsítás) miatt az S 11 nagyobb sugarúra. Most tehát az S 10 lesz belül, az S 11 kívül. A belső pályán viszont nagyobb a sebesség, így az S 10 távolodni, „szökni” kezd társától.

Ha az S 11 mozgását egy olyan koordináta-rendszerből nézzük, amely az S 10 szögsebességével forog a Szaturnusz körül (ebben tehát az S 10 nyugalomban van), akkor az S 11 pályája a korlátozott háromtestprobléma nevezetes *lópatkó alakú* megoldására emlékeztet, mely közrefogja az L_3 , L_4 , L_5 Lagrange-féle librációs pontokat. A számítások szerint az S 11 e lópatkó alakú pályát átlagosan 2600 nap alatt futja be, s a patkó két végpontja, így maga az S 11 holdacska sem kerülhet 40 000 km-nél közelebb az S 10-hez. Ha a két hold valamikor egy volt, az itt vázolt kép a szétszakadás után alakulhatott ki.

1980 S 13 és 1980 S 25 (= S 16 és S 17)

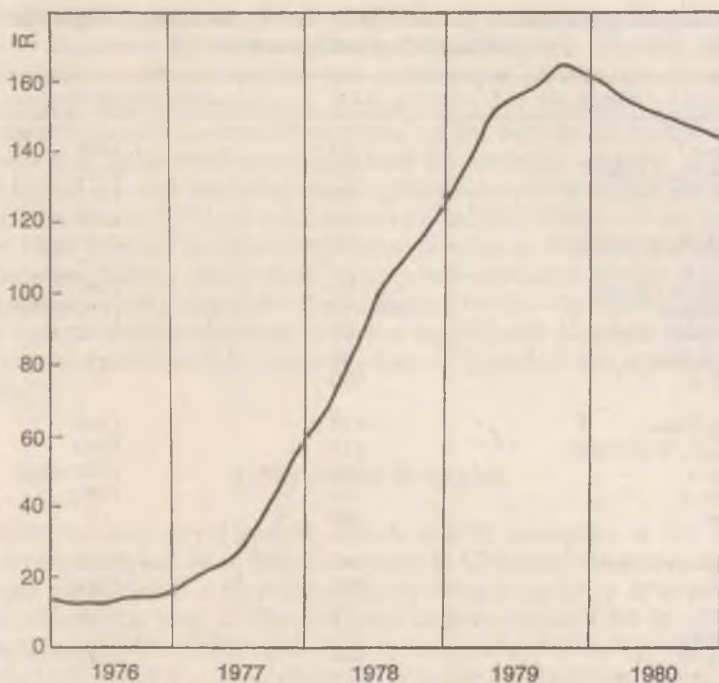
Igen kicsi, $34 \times 28 \times 26$ km, illetve $34 \times 22 \times 22$ km méretű holdak, ez utóbbi hosszúkás alakú. Felszíni részletek a Voyager—2 felvételein nem láthatók. Legfőbb érdekességük, hogy a Szaturnusz—Tethys-rendszer L_4 (1980 S 13), illetve L_5 (1980 S 25) librációs pontja közelében, a Tethys pályáján végzik keringésüket a Szaturnusz körül, megvalósítva ezzel a háromtestprobléma Lagrange-féle megoldását.

1980 S 6 (= S 12)

Szintén igen kicsi, $36 \times 32 \times 30$ km méretű holdacska. Felszínén egy nagyobb kráter figyelhető meg. A Szaturnusz—Dione-rendszer L_4 pontja közelében található, ugyancsak a háromtestprobléma Lagrange-féle megoldását példázva. Az L_5 pontban azonban a Voyager—2 sikertelenül kutatott „törmelékhold” után.

A napfoltmaximum

1981 végén már szinte teljes bizonyossággal állíthattuk, hogy túl vagyunk a maximális naptevékenység időszakán. (A naptevékenység ugyanis hónapról hónapra annyit változik, hogy a napfolt-relatívszám görbéjének kiegyenlítésénél 13 hónap átlagát szokás venni. Ezért egy-másfél évnél is el kell telni ahhoz, hogy a naptevékenység maximumát — pontosabban a maximális napfolt-relatívszám értékének idejét — megállapíthassuk.) Az 1. ábra mutatja a 13 hónapra kiegyenlített napfolt-relatív-



1. ábra. A kiegyenlített napfolt-relatívuszám változása 1976 és 1980 között

szám alakulását 1976 és 1981 között. Ebből megállapítható, hogy az utolsó maximum ideje 1979,9 (azaz 1979 novembere) volt. Ez 100 év óta a második legmagasabb maximum, ami arra utal, hogy a naptevékenység — évszázados méretekkel mérve — erősödik. A legközelebbi napfolt-minimum M. Waldmeier szerint 1987-re várható.

A naptevékenységi maximumok idejének előrejelzése még mindig gyermekcipőben jár. Erre bizonyítékul tekintsük át táblázatunkat, amelyet M. Waldmeier állított össze az elmúlt (azaz 21.) ciklus maximumának és a napfolt-relatívuszám maximális értékének előrejelzésére. Látjuk, hogy az időpontok 1978 és 1984 között mindenféle értéket felvesznek, s hogy legjobban Schatten és társai jósoltak. (Ez valószínűleg csak véletlenül sikerült nekik.)

**A napfolt-relatívszám maximális értéke és maximum időpontja
különböző szerzők szerint**

Szerzők	R_m	epocha
Bonov	50	1984
Cohen és Lintz	50	1982
Cole	60	1981
Wood	60	1982
Lomb és Andersen	68	—
Cohen és Jacobs	48—96	1982
Gleissberg	56—96	1980
Halley és Risson	80	1982
Xanthakis	85	—
Henkel	100	—
King-Hele	110	1978
McNish és Lincoln	117	1980
Hunter	120	1980 vége
Fougere	130	1980, 1
Wood	140	—
Schatten és tsai	140	1979, 9
Schöve	145	1984
Smith	150	1980
Brown	151	—
Sargent	154	1980 febr./máj.
Hill	130—200	1981/82
Ohl	183	1979
Ramaswamy	195	1978

A napállandó változása

A napállandó változásaira vonatkozó kutatásokat mindig nagy érdeklődés kísérte, hiszen e „konstans” 1%-os változása a Föld átlaghőmérsékletének 1°-os ingadozását is jelentheti! Sajnos, a korábbi mérések ellentmondásosak voltak, és ezért a napállandó változásaira vonatkozó méréseket sokan nem is tartották reálisaknak. A legutóbbi napfoltciklus alkalmával sok, egymástól független napállandómérést végeztek, és úgy tűnik, hogy ma már világosabb a kialakult kép. G. Abbot (Smithsonian Asztrofizikai Obszervatórium) hosszú időre kiterjedő észlelési anyagából megállapította, hogy az utóbbi 30 évben a napállandó változása nem haladta meg az 1%-ot. A Nimbus—7 mesterséges holdon elhelyezett mérőműszer 1978. november 16. és 1979. május 15. között folyamatosan mérte a napállandó (W) értékét, és $W = 1376,0 \pm 0,73 \text{ Wm}^{-2}$ -t kapott. Ha ezt összehasonlítjuk az 1976-ban, tehát napfoltminimum idején végzett

rakétás mérések eredményeivel (1367 Wm^{-2}), akkor a napállandó minimum és maximum közötti növekedésére $0,5\%$ -ot kapunk. Hasonló, fél százalék körüli emelkedést kapott erre az időszakra D. Mureray és kutatócsoportja a Denver Egyetemen, J. Kendall a Jet Propulsion Laboratóriumban, valamint Lockwood és társai az Io, Europa és Callisto nevű jupiter- és a Rhea nevű szaturnuszhold fotometriája alapján. A különböző típusú mérések eredményeinek egybeesése nyilvánvalóan bizonyítja a napállandó kb. $0,5\%$ -os emelkedését az utóbbi néhány évben.

Az 1980. február 14-én indított *Solar Maximum Mission* (SMM) nevű mesterséges holdon elhelyezett vákuumradiométerrel elvileg $0,01\%$ -os pontossággal lehet a napállandó változásait követni. Az előzetes közlemények szerint regisztrálhatóak voltak a napállandó hirtelen változásai: így például áprilisban $0,2\%$ -os, májusban $0,1\%$ -os hirtelen ugrást tapasztaltak.

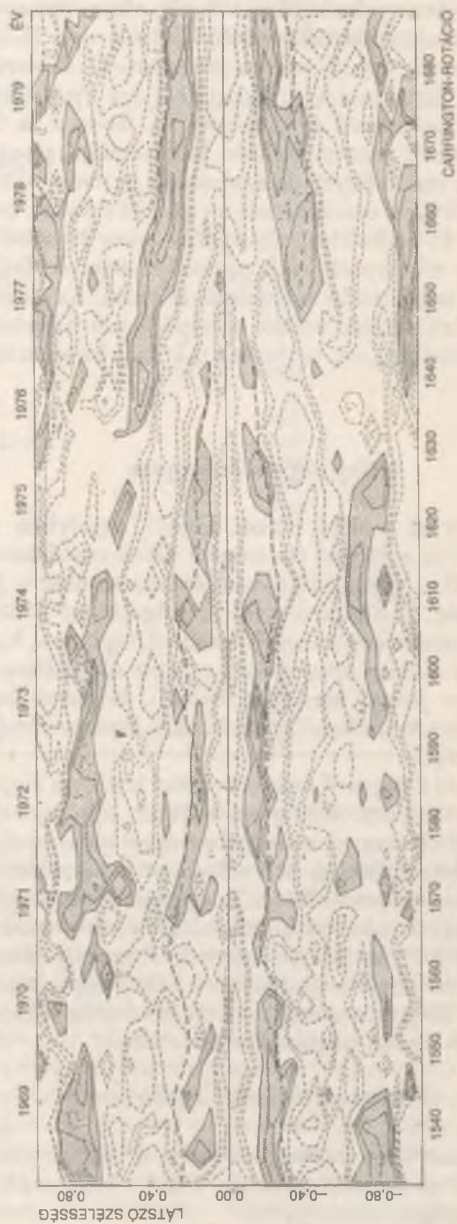
A Nap sugara és forgása

J. Eddy néhány évvel ezelőtt cikket közölt, amelyben a US Naval Obszervatóriumban és a Royal Greenwich Obszervatóriumban végzett mérések elemzéséből a Nap átmérőjének évszázadonkénti $2''$ -es csökkenését állapította meg. I. Shapiro most feldolgozta az 1763 és 1973 közötti 23 Merkúr-átvonulás eredményeit, és megállapította, hogy $0,07''/100$ év hibahatáron belül a Nap átmérője az említett időszakban állandó volt. Hasonló eredményre jutott korábban már L. Morisson is, így a Nap sugarának változására vonatkozó korábbi észlelések eredményei nem tekinthetők reálisaknak.

Scherrer, Wilcox és Svagaard érdekes cikket közölt a Nap fotoszférájának forgására vonatkozóan. Eddig az volt az általánosan elfogadott nézet, hogy a napfoltok nagyobb szögsebességgel mozognak, mint a környezetükben levő fotoszféra. A szerzők most a napfelszín különböző részeinek szinképében tapasztalható Doppler-effektust tanulmányozva megállapították, hogy ez nincsen így: a foltok és a fotoszféra szögsebessége megegyezik. A korábbi ilyen jellegű mérésekről megállapították, hogy a fotoszféra sebességére mérés technikai hiba miatt kaptak a valóságosnál kisebb értékeket. A Nap fotoszférájának differenciális rotációjára vonatkozó formula pontos alakja szerintük a következő:

$$v = 2030 - 278 \sin^2 \Phi - 278 \sin^4 \Phi,$$

ahol v a sebesség ms^{-1} -ben mérve, Φ pedig a heliografikus szélesség. Ez utóbbi a mérési pontosság határain belül megegyezik a mágneses területek (foltok) átlagos sebességével.



2. ábra Szögsebesség-eloszlás a napkorongon. Howard és LaBonte mérései alapján. Pontozás jelzi a „gyors” tartományokat. ($0,50=30^\circ$, $0,80=50^\circ$)

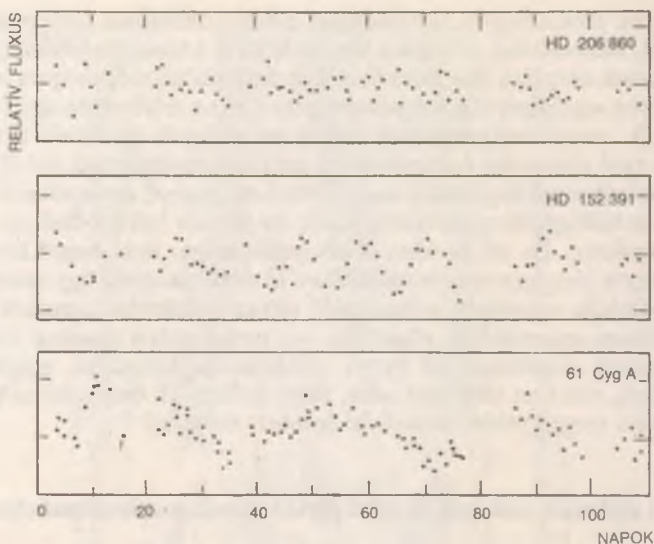
Ezzel az eredménnyel némiképpen ellentmondásban álló eredményt kapott R. Howard és LaBonte a Mount Wilson-i toronyteleszkóppal végzett mérések alapján. Megmérték a Nap különböző szélességein a Doppler-effektus segítségével a szögsebességeket, és az értékeket négy hónapra átlagolták, majd megvizsgálták ennek az átlagolt értéknek a sokéves átlagtól való eltérését. Az eredményt grafikonon tüntették fel (2. ábra).

Az ábrából megállapítható, hogy 1969-ben „gyors” *tartományok* voltak a $\pm 50^\circ$ -os heliografikus szélességeknél, majd ezek behúzódtak az egyenlítő környékére. Ez (és az ábra többi sajátossága) arra enged következtetni, hogy a Nap egy *torziós oszcillátor*: 11 éves ciklussal úgy rezeg, mint egy gunilabda, amelyet „pólusainál” egyazon irányba „megtekerünk” — miközben egyenlítőjét rögzítjük —, majd utána magára hagyjuk. Bár a mérés mindössze 12 évnyi időtartamra terjed ki, mégis nagy jelentőségű, mert az első eset arra, hogy a Nap 11 éves ciklusát rezgés formájában megfigyelési úton is ki lehetett mutatni.

Új eljárás a csillagok forgási periódusának meghatározására

A csillagok forgási periódusának meghatározása rendkívül nehéz, sok esetben el sem végezhető feladat. A színképvonalak elliptikus kontúrú kiszélesedéséből az *egyenlítői kerületi sebesség látóirányú (radiális) komponense* határozható meg. A forgási periódus pontos kiszámításához azonban szükség volna a tengelyhajlás ismeretére is! Könnyebb meghatározni a forgási sebességet, ha a csillag erősen foltos, hiszen ekkor a csillag fényessége a forgás folyamán észlelhetően változik. Ez az eset azonban csak ritkán fordul elő — hiszen a Nap (foltjai ellenére) *csillagként* nem változtatná észrevehetően a fényességét.

Más a helyzet, ha a csillagok *kromoszféráját* vizsgáljuk. O. Wilson a Mount Wilson-i csillagvizsgálóban olyan módszert dolgozott ki, amelyel (egy rendkívül vékony színképtartományban) a fényesebb csillagok kromoszféráját a K és H vonalban, emisszióban lehet megfigyelni. A kromoszférában levő aktív területek fényessége már annyira különbözik a háborítatlan kromoszféra fényességétől, hogy a *forgás következtében előálló fényességváltozást észlelni lehet*. 1980 folyamán Vaughan és munkatársai 14 héten keresztül 54 csillagot (köztük 46 F-től M-ig terjedő késői típusút) figyeltek meg ezzel a módszerrel. Ezek közül 19 esetben azonnal meghatározható volt a rotációs idő, további kilenc esetben matematikai analízissel lehetett a periodicitást kimutatni. (Három ilyen kromoszférafénygörbe látható a 3. ábrán.) Ezek az észlelések is megerősítik azt a már korábban is jól ismert tényt, hogy a *korai típusú csillagok gyorsabban forognak*, mint a későiek. A koraiaknál 5—12 napos periódusokat kaptak, a későieknél mért tengelyforgási idő mindig 48 napnál hosszabb volt.



3. ábra. Három különböző csillag kromoszféra-fénygörbéje

„Összenőtt” kettőscsillag?

Mint ismert, a késői típusú csillagok *lassan* forognak, egyenlítői forgási sebességük 10 km/s körül van. Van ez alól néhány „gyanús” kivétel, például az FK Comae, az UZ Librae és a HD 199178. B. Bopp és R. Stencel (az *IUE* mesterséges hold ultraibolya észleléseit felhasználva) a kromoszféravonalak intenzitásából az FK Comae-ra olyan forgási periódust kapott, amely megegyezik a *Doppler-kiszéledésből* kapott korábbi mérések eredményeivel. Így bebizonyosodott, hogy az FK Comae *valóban gyorsan forog*. Ez a csillag óriás, tehát a kerületi sebesség közönséges csillag esetén képtelenül nagy értéket venne fel. A szerzők a jelenségre nem találtak más elfogadható magyarázatot, mint azt, hogy egy „összenőtt” kettőssel állunk szemben, amely feltehetően egy W UMa típusú szoros kettősből fejlődött ki.

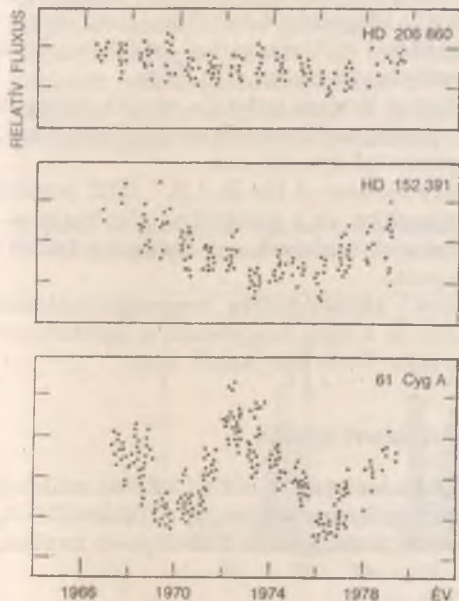
A csillagok aktivitása

A naptevékenység jeleit már a legközelebbi állócsillag távolságából sem lehetne érzékelni. Némely csillag azonban a naptevékenység egyes megnyilvánulásait oly intenzíven végzi, hogy messziről is megfigyelhetjük. Ez a helyzet a *flercsillagok* és a *folto* csillagok esetében. A Nap rádió-

kitöréseihez hasonló „rádió burstöket” eddig az RS Canum Venaticorum csillagoknál és az UV Ceti csillagoknál észlelhattünk. Most egy — eddig erről az oldaláról ismeretlen — csillag, az α Ceti iratkozott fel a „rádió-flerező” csillagok listájára.

Az α Ceti hideg, vörös óriás, mintegy 2500 K hőmérséklettel. D. Boice és munkatársai más rádiócsillagászati obszervatóriumokkal együttműködve az arecibói 300 m átmérőjű rádiótávcsővel, interferenciás módszerrel hat napon keresztül figyelték meg a csillagot. Sikertült egy 30 s hosszúságú rádiókitörést „elkapniuk”. Feltehető, hogy hasonló hosszúságú észlelési kampány esetén más óriáscsillagok esetében is sikerülne flerkitörést észlelni. Úgy tűnik tehát, hogy a kitörések nemcsak a törpecsillagoknál szokásosak, hanem öreg óriáscsillagoknál is előfordulnak. A kitörés okára még nem sikerült semmilyen épkezláb magyarázatot találni.

Az II Pegasi nevű, 6,7 napos periódusú spektroszkopikus kettős az RS Canum Venaticorum típusú csillagok csoportjába tartozik. Főkomponense K típusú, és mint *foltos csillag* régóta ismert. Az 1974 és 1977 között végzett megfigyelések szerint a 3500 K hőmérsékletű csillagon kb. 2300 K-es folt található. Az 1979-ben, a Kitt Peak Obszervatórium-ban végzett mérések alapján H. Nations és L. Ramsy megállapította,



4. ábra. Három csillag kromoszférikus „ciklusa”

hogy a csillag fénygörbéje alaposan megváltozott: *egy maximum helyett kettőt lehetett észlelni*. A szerzők ezt úgy értelmezték, hogy a csillag „ellentétes” félgömbjén egy új foltcsoport keletkezett.

Vaughan és Preston a H és K vonalak (korábban ismertetett) vizsgálata alapján 1980 folyamán már *15 csillagról mutatta ki, hogy a naptevékenységhez hasonló ciklust mutat kromoszférájuk aktivitása*. A ciklusok 5 és 12 év közötti értékeket vesznek fel, ami megnyugtató egyezést mutat a Nap 11 éves periódusával. A 4. ábrán három csillag „kromoszférikus” ciklusát láthatjuk.

A Nap távolsága a Galaxis centrumától

Még az 1977-es budapesti csillaghalmaz-szimpozicionon (a csillaghalmazok szükségesnek látszó távolságkorrekciójáról tartott előadásában) Balázs Béla azt a nézetét hangoztatta, hogy — amennyiben a szín—fényesség diagram Eggen-féle nullkorú főágán alapuló távolságmeghatározások reálisak — a Tejútrendszer centrumának távolságára általában elfogadott (de főként sztellárkinematikai alapon már többször kifogásolt) 10 kpc túl nagy, és helyette 7 kpc-t javasol bevezetni.* Az elmúlt évben több olyan cikk is megjelent, amely Balázs álláspontját megerősíteni látszik. S. Clube és A. Dawe az Edinburgh Obszervatóriumban 59 RR Lyrae típusú csillag abszolút fényességét határozta meg, és ezeket az értékeket a csillagok kinematikai sajátosságaival összehasonlítva azt kapta, hogy a *Nap galaktrocentrikus távolsága: 7 ± 1 kpc*.

R. Quiroga, a Sao Paulo-i Geofizikai Intézet kutatója az OB-csillagok fotometriai távolságát vetette össze a kinematikus távolságokkal, és azt kapta, hogy a legjobb egyezés *8,5 kpc-nél* van.

C. Frenk és S. White a „Monthly Notices of the R.A.S.” 1982 januári számában szintén ezt a kérdést vizsgálta, és a galaktikus gömbhalmazrendszer szerkezetének igen részletes elemzésével a Galaxis centrumának távolságára *$6,8 \pm 0,8$ kpc-t* kapott.

Sokasodnak tehát a „hivatalos” távolságskála megváltoztatására készítő indokok. Lehet, hogy mire ez a cikk megjelenik, a „galaktikus alaptávolság” elfogadott értéke már 7—8 kpc körül lesz.

A legnagyobb ismert spirális

R. West és R. Barbier érdekes spirálgalaxispárt talált a Chilében működő ESO (Európai Déli Obszervatórium) műszereivel: az *IC 5174 és 5175-öt*. A Hubble-féle formula alapján mért távolságukra 215 Mpc-et kaptak.

*Ld. Csillagászati Évkönyv 1980, 153. oldal

Tekintve, hogy az IC 5174 látszó szögátmérője 5 ívperc, a *galaxis átmérőjére 300 kpc adódott, ami mintegy hatszorosa Tejútrendszerünk átmérőjének.* Ezzel megdőlt az NGC 2885-ös extragalaxis rekordja, amely „mindössze” 250 kpc átmérőjű.

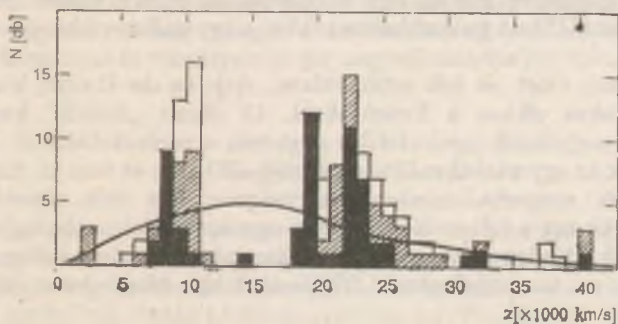
A legtávolabbi ismert galaxisok

H. Spinrad, J. Steuffer és H. Butcher a 3 C 13 és a 3 C 427 galaxisokat tanulmányozva megállapította, hogy ezek vöröseltolódása $z = 1,050$ és $1,175$. Ha a Hubble-konstanst 50-nek vesszük, akkor *e csillagrendszerek távolságára 3000 Mpc-et kapunk.* Ezek tehát a legtávolabbi ismert galaxisok. (A kvazárok között nagyobb távolságú is van.) A spektrum vizsgálata alapján kitűnt, hogy a két galaxis a kialakulás korai stádiumában levő elliptikus objektum, amelyek éppen kezdeti fejlettségük miatt fényesebbek a szokásosnál.

Űresség a Bootesben?

R. Kirschner, A. Oemler, P. Schechter és S. Shectman három különböző, egymástól nagyjából 35° -ra levő irányban, összesen 133 vöröseltolódásmérést végzett. Ha a galaxisok a térben egyenletesen oszlanának el, akkor — tekintetbe véve az észlelhetőség határait is — az 5. ábrán kihúzott vonallal jelzett eloszlást kellett volna kapniuk, mintegy 15 000 km/s-nál levő maximummal. A valóságban a négyszögletesen kihúzott görbét kapták! A 12 000 és 18 000 km/s sebességtértek között mindössze

5. ábra. A galaxisok száma a különböző radiális sebesség-tartományokban, a Bootes irányában végzett mérések alapján



egyetlen galaxist találtak. Ez azt jelenti, hogy a Bootes csillagkép irányában *egy mintegy millió köb-megaparszek méretű térség gyakorlatilag üres* — pontosabban nincs benne galaxis.

A galaxishalmazok szuperhalmazai

Sokáig az volt az elfogadott nézet, hogy az Univerzum legnagyobb egységei a galaxishalmazok. Ma már tudjuk, hogy a galaxishalmazok is nagyobb egységekre, ún. *szuperhalmazokra* tömörülnek. Ezek 2—20 olyan galaxishalmazt tartalmaznak, mint a „tőlünk is jól megfigyelhető” Virgo-galaxishalmaz. A szuperhalmazok *szálas szerkezetűek*, illetve szivar vagy palacsinta alakúak. Egy ilyen szuperhalmaz karakterisztikus mérete 50 Mpc.

H. Ford, R. Harms, R. Ciardulo és F. Bartko a Lick Observatórium 3 méteres távcsövével most két ilyen szuperhalmazt vizsgált, az 1451+22-t és az 1615+43-at. Megállapították, hogy mindkét szuperhalmaz mérete 100 Mpc körül van. Az egyes „tag-galaxishalmazok” radiális sebességének méréséből kitűnt, hogy *a szuperhalmaz átlagos sűrűsége nem éri el az Univerzum zártágához szükséges kritikus sűrűség 16%-át sem*. Mivel a szuperhalmazok közötti sűrűség ennél is kevesebb kell legyen, a szerzők az Univerzum nyíltságára következtetnek. Természetesen lehetnek olyan *láthatatlan tömegek* (például neutrínók), amelyek a fenti képet módosíthatják.

Oort néhány kvazár színeképében olyan *abszorpciós vonalakat* talált, amelyeknél a hozzájuk tartozó Doppler-eltolódás nem egyezik meg a kvazár *emissziós* színeképvonalaiából adódó eltolódással. Oort az említett elnyelési vonalak létezését *a galaxisok szuperhalmazaiiban található diffúz hidrogén hatásának* tulajdonítja. Ezt alátámasztani látszik, hogy az abszorpciós vonalak egymástól való eltávolodása a szuperhalmazok közötti átlagos sebességkülönbségeknek felelnek meg. Így feltehetően létezik a galaxisok között egy *hidrogénhalo*, amely valamilyen okból nem kondenzálódott galaxishalmazokba, s így galaxisokba és csillagokba sem...

Ugyancsak Oort és két munkatársa, Arp és de Ruiter közölt egy másik érdekes cikket a kvazárokról. 12 olyan „közeli” kvazárpárt találtak, amelyeknek *gyakorlatilag egyforma a vöröseltolódásuk*. Ezeknek a pároknak az egymástól való távolsága 5—30 Mpc-et tesz ki. Ez a méret a galaxisok szuperhalmazainak nagyságrendjébe esik. Oorték megköcskáztatják azt a feltevést, hogy egy-egy szuperhalmazba egy kvazárpár tartozik. Mindez azonban a szerzők szerint sem tekinthető igazoltnak, mert csak a szuperhalmazok 3%-ánál lehet ténylegesen kimutatni kvazárpárt.

VILÁGŰR ÉS EMBERISÉG

(Gondolatok a budapesti asztronautikai világkongresszus előtt)

Negyedszázada, egy alig 83 kg-os műszercsomag Föld körüli útjával kezdődött az űrkorszak. A Nemzetközi Geofizikai Év lelkesedéstől fűtött napjaiban figyelemre méltó világviszshangra talált 1957. október 4., amikor az első szputnyikot felbocsátották a Szovjetunióból. A kommentárok többsége jól érzékeltette az esemény jelentőségét, felismerte, hogy az első mesterséges holddal új dimenzió nyílt meg az emberiség előtt. „Nyitva az út a Hold, a Mars, a csillagok felé!” — írtuk és mondtuk, eltelve kalandos várakozással. De szinte senki sem gondolt arra, hogy e nagyszerű lépés segít majd az emberiség súlyos gondjainak megoldásában, s hogy a műhold hamarosan bevonul az életünket megkönnyítő huszadik századi találmányok hosszú sorába. Most, negyedszázaddal az első szputnyik után, már nem vitatható a kozmikus technika jelentősége életünkben.

E témával számos nemzetközi szervezet foglalkozik, köztük a *Nemzetközi Asztronautikai Szövetség (IAF)* is, melynek jelmondata — „Asztronautikával a békéért és az emberi haladásért!” — jól tükrözi ezt az újszerű kapcsolatot világűr és emberiség között. Megtiszteltetés és öröm számunkra, hogy ez a nagy múltú, tekintélyes szervezet 1983 októberében Budapesten rendezi világkongresszusát. Röviddel az űrkutatás negyedszázados jubileuma után (és a budapesti asztronautikai kongresszus előtt) tekintsük át, hogy milyen helyet foglal el életünkben a kozmikus tevékenység, milyen haszonnal és veszélyekkel jár negyedszázados jelenlétünk a világűrben!

A világűr mint erőforrás

Az a tény, hogy a világűr (akárcsak a talaj, a víz, a levegő) egyike az emberiség számára rendelkezésre álló *erőforrásoknak* — nem régi felismerés, de ma már nem vitatható. Bizonyítéku szolgálhat az a kuriózum, hogy néhány egyenlítői ország hivatalos területi igényt jelentett be az ENSZ-

nél a geostacionárius pálya felette húzódo szakaszára. Bár külön nemzeti igények érvényesítésének e területen szerencsére nincs reális esélye (vagyis a világűr feltehetőleg sohasem válik az egyes államok felségterületévé, nemzeti erőforrásává) —, *a kozmosz hasznosítása egyértelműen minden ország érdeke.*

Ennek a gondolatnak a jegyében hívta össze az ENSZ második konferenciáját a világűr kutatásáról és békés hasznosításáról. A Bécsben, 1982 augusztusában megrendezett, „Unispace '82” elnevezésű konferencia előkészületeinek részeként az ENSZ titkársága különböző kérdésekről tizenkét tanulmányt készíttetett nem kormányzintű nemzetközi szervezetekkel és intézményekkel, elsősorban az IAF-fel és a COSPAR-ral. E tanulmányokat az asztronautika nemzetközileg elismert szaktekinélyei kollektív munkával állították össze az „Unispace '82” résztvevőinek, de ezen belül is elsősorban a fejlődő országok képviselői számára. Egyedülálló vállalkozás ez abból a célból, hogy az 1981-es színvonalon elkészítsék az űrkutatás és hasznosítási lehetőségei szintézisét. A most következő összefoglalás e tanulmányok felhasználásával készült.

Űrtechnika a fejlődő országokban

A kozmikus tevékenység több területen eredményesen hozzájárulhat a fejlődő országok fő problémáinak megoldásához. Ma már a Föld minden országában érdemes megvizsgálni, hogy a hírközlés, közlekedésirányítás, oktatás, élelmiszer- és vízellátás stb. napi feladatait nem lehet-e *olcsóbban és jobban* ellátni űreszközök segítségével. A feltételek természetesen területenként és országonként erősen különböznek, sok fejlődő országban például teljesen hiányzik az infrastruktúra, hiányoznak a műszakilag képzett szakemberek és más feltételek. De a kezdeti eredmények így is figyelemre méltóak.

Hírközlés, műsorszórás, oktatás, navigáció

Tény, hogy 800 km-nél nagyobb távolságok esetében a *műholdas hírtovábbítás* már előnyösebb, mint a hagyományos kábel vagy a mikrohullámú átjátszóállomások láncolata. A nagy kiterjedésű országok számára *a saját, nemzeti távközlési holdak* felbocsátása is kifizetődő, a kisebb országok pedig viszonylag olcsón kapcsolódhatnak be a világhálózatba *nemzetközi műholdakon* keresztül.

Az elmúlt húsz év szinte töretlen fejlődése után *jelenleg három nemzetközi távközlési műholdrendszer működik*: a legkiterjedtebb *Intelsat*,* a

* A mesterséges holdak és kutatási programok rövidítésekként, illetve mozaikszavakként összeálló elnevezéseit lásd a cikk végén!

szocialista *Interszpутnyik* és a tengerészeti *Inmarsat*. Nemzeti rendszert működtet a Szovjetunió (Sztacionar), az USA (négy külön hálózat), Kanada (Anik) és Indonézia (Palapa), s hamarosan csatlakozni fog Japán, India és Franciaország is.

Az Intelsathoz jelenleg száznál több ország tartozik, melyek évi „tagdíja” általában egymillió dollár. Jelenlegi legtökéletesebb közvetítő holdjuk az *Intelsat V* típus, mely 12 000 telefonbeszélgetést képes egyidejűleg lebonyolítani. Annak ellenére, hogy egy-egy hold 35 000 alkatrészből tevődik össze, a rendszer megbízhatósága eléri a 99,999%-ot.

Az USA egyik nemzeti műholdas hálózata 375 földi állomásból áll, ezek telepítése 400 millió, fenntartása 570 millió dollárba kerül.

Indonéziában a két *Palapa* geostacionárius mesterséges hold teszi lehetővé a telefon- és tv-kapcsolatot az ország különböző részei között. A sok száz közül korábban mindössze hat sziget volt összekapcsolva földi mikrohullámú láncsal. Jelenleg a *Palapa* holdak egyenként 6000 telefonvonalat biztosítanak, s mivel ezek jó része még kihasználatlan, a szomszédos országok is bérelhetnek vonalakat. A tv-programot két földi állomásról sugározzák fel a holdra, majd 32 földi állomáson veszik és továbbítják a szokásos módon a műsort a szigetvilágon belül. Az indonéz tv-műsor egyik fő célja a hatalmas ország *egységes oktatásának* megteremtése.

Úttörő jelentőségű *műholdas oktatási programot* bonyolított le India 1975/76-ban *SITE* néven egy amerikai hold, az *ATS—6* segítségével. Egyidejűleg összesen 2500 faluban folyt az oktatás a speciális tv-műsorok segítségével. Nehéz a *SITE*-program teljes hatását felmérni, de annyi bizonyos, hogy vevőkészülékenként átlag száz embert oktattak a leg-
elemibb higiéniai, mezőgazdasági, családtervezési ismeretekre. Többségük analfabéta volt, aki rádiót, televíziót korábban soha nem látott még. Az utólagos felmérések szerint egyes körzetekben észrevehetően javultak a terméseredmények a program hatására. India a közeljövőben saját holdja segítségével kívánja folytatni ezt a programot.

A fejlődés útja egyenesen vezet a közvetlenül vehető, ún. *műsorszóró holdak* felé. Ezeket nagy adóteljesítmény és szűk sugárnyaláb jellemzi majd. A tervezett vevőantennák mérete 60 cm és 180 cm közé esik, de hamarosan kialakulhat „asztali” változat is.

Egyre jobban érvényesül az a tendencia, hogy *magá a távközlési hold egyre nehezebb és bonyolultabb, a földi vevő pedig egyre könnyebb, olcsóbb és egyszerűbb.* (Az *Intelsat V* tömege például 1000 kg, az *Intelsat VI* már 1800 kg-os lesz, de terveznek még nagyobb, 5000 kg körüli holdakat is.)

A nagy teljesítményű távközlési holdak annyira benépesíthetik a geostacionárius pályát, hogy zavarják egymás munkáját. Ennek elkerülésére, valamint a könnyebb és kisebb földi antennák érdekében a jelenleg világszerte alkalmazott 6, illetve 4 GHz-es frekvenciáról *áttérnek a magasabb frekvenciákra*, egészen 30 GHz-ig. Ez ugyan előnyös a frekvenciahaszná-

lat szempontjából, de hátránya, hogy 10 GHz fölött nagy esőzések idején már a sugárzás jelentékeny gyengülésével kell számolni! A frekvenciák eltérő polarizáltság segítségével történő többszörös használata ugyancsak megoldható.

Jelenleg a világ évente mintegy másfél—kétmilliárd dollárt költ műholdas távközlésre, de ez az összeg a kilencvenes évekre elérheti a tízmilliárdot! Ugyanakkor a holdak jelenlegi 7—8 éves élettartama elérheti majd a 10 évet is.

A távközlési holdak szerepe több, mint a távoli helyek közötti egyszerű hírközlés. Specializált holdak segítenek a hajók és repülőgépek irányításában az óceánok térségében. Az 1978-ban alapított *Inmarsat-rendszer* negyven ország hajóival tartja állandóan a kapcsolatot 1981/82-ben felbocsátott *Marecs* típusú holdjai segítségével. Hasonló rendszert tervez a Szovjetunió *Volna*, Japán pedig *AMES* néven.

Évek óta használnak a világon speciális műholdrendszereket (*NNSS*) pontos helymeghatározásra — akár navigációs, akár geodéziai céllal. Hordozható vevőkészülékekkel (ezekből Magyarország is rendelkezik már négy darabbal!) órák alatt mintegy 10 m, napok alatt 1—3 m pontosságú helymeghatározás végezhető abszolút koordináta-rendszerben, vagyis a Föld középpontjához viszonyítva. Két vevő relatív helyzetét több száz kilométernyi távolság esetén is néhány deciméteres hibával lehet levezetni, ami megfelel a legjobb országos felsőrendű hálózatok pontosságának. Jelenleg nemzetközi együttműködésben száznál több ilyen berendezés mér Afrikában, hogy elkészüljön a kontinens első teljes geodéziai alaphálózata. Az évtized során új típusú (*GPS* vagy *Navstar*) holdak felbocsátására kerül sor az Egyesült Államokból. Használatukkal még gyorsabbá és egyszerűbbé válik a helymeghatározás a Föld bármely pontján. A kitűzött cél: 10 cm-es pontosság, hordozható vevővel, néhány perc alatt.

A földfelszín és a légkör megfigyelése a világűrből

A specializált meteorológiai és erőforrás-kutató holdak folyamatosan ontják képeiket, mérési eredményeiket. Ezek folyamatos feldolgozása nagy számítógépeket igénylő, hatalmas feladat.

A meteorológiai holdak (*Meteor*, *Nimbus*, *Tiros*, *Meteosat* stb.) szolgáltatásai talán az űrtechnika legnépszerűbb termékei, mivel a vétel könnyű, használatuk direkt és viszonylag egyszerű. Eddig több mint harminc mesterséges hold — köztük néhány már a geostacionárius pályáról — szolgálta a meteorológiát.

Sok fejlődő ország szempontjából főleg az esőzések figyelése érdekes, mivel ez nagymértékben befolyásolja gazdasági életüket. Érdekes, hogy Északnyugat-Afrikában 1976/79-ben folyamatosan vizsgálták műhold-

képek segítségével az esőzések hatását azokon a lakatlan területeken, ahol sáskák fejlődnek. Az így készült esőtérképek alapján a szakemberek képesek a sáskajárások előrejelzésére.

Az interpretáció tökéletesítésére is szolgál a *GARP* elnevezésű, 1978 óta folyó nagyszabású *léggörkutatósi program*, melynek célja a légköri folyamatok jobb megértése, az időjárási előrejelzések javítása, bizonyos speciális meteorológiai jelenségek (pl. hurrikánok) szisztematikus követése. A *GARP* eszközei a mesterséges holdak, a földre telepített, úszó vagy lebegő automatikus műszerek és a hagyományos meteorológia teljes fegyvertára. A várható eredmény fontos az egész Föld, de különösen az időjárás szeszélyes változásainak kitett országok számára.

Az igazi fellendülést ezen a területen azonban a *speciális erőforrás-kutató, távérzékelő mesterséges holdak* megjelenése jelentette tíz évvel ezelőtt. Jelenleg már nyolcvan fejlődő ország használja a *Landsat* holdak méréseit és képeit gazdasági döntések előkészítésekor. Például kétéves munkával elkészült Mexikó egész területének földhasznosítási térképe — alig 0,1 cent hektáronkénti költséggel! E munka során fedezték fel, hogy mintegy 6,3 millió hektáron az erózió a talajt már erősen tönkretette. Brazíliában az Amazonas vidékén rendszeresen ellenőrzik úrfelvételekkel, hogy a tulajdonosok betartják-e az erdők irtásának korlátozására kiadott rendelkezéseket. Az afrikai Felső-Voltában 500 km út felújításához és megerősítéséhez *Landsat*-képeket is használtak, Kenyában felméri és elkülönítik a pásztorkodásra alkalmas legelőket a vadtartásra kedvező területeken, Botswanában az Okavango folyó deltájának vízhozamát mérik. Thaiföldön egy korlátozott kiterjedésű kísérletben a rizstermés előrejelzését javították úrfelvételek segítségével, és ezzel az élelmiszer-elosztásban több tízmillió dolláros megtakarítást értek el.

A példákat hosszan lehetne folytatni, azonban legfontosabb kétséggé válik az a lehetőség, hogy az állandó élelmiszerhiánnyal küzdő, elmaradott országok első ízben juthatnak megbízható adatokhoz pillanatnyi természetvilágasairól, víztartulékaikról és talajhasznosítási lehetőségeikről. Bár az ilyen vizsgálatok ma még a trópusokon elég körülményesek — elsősorban a gyakori felhőtakaró miatt —, az eredmények biztatóak.

A közeljövőben összetettebb holdak, specializált űreszközök felbocsátása várható. A *Landsat D* rendszer (melynek felbontóképessége a talajon eléri a 30 m-t), az indiai *Bhaskara* holdak, a *Szaljut* űrállomások multispektrális kamerái, a francia *SPOT* hold műszerei több csatornán tökéletesebb távérzékelést tesznek majd lehetővé. Minőségileg új lehetőség a *Seasat* fedélzetén és a *Columbia* űrrepülőgépen kipróbált *képalkotó radar*, mely felhőkön keresztül is képes megfigyelni a felszínt.

Az emberiség égető problémáinak egyike a hagyományos energiakészletek csökkenése. Megoldásként már 1968-ban felmerült a *napenergiát környezetszennyezés nélkül elektromos árammá alakító kozmikus erőművek* gondolata. Ennek legjobban kidolgozott változata, az amerikai *SPS-terv*, 5 GW-os erőműveket tervez geostacionárius pályára. Egy-egy hold 35—50 000 t tömegű lenne, és 55 km² felületű napelemtáblák szolgáltatnának a napenergia gyűjtésére. A 17—20%-os hatásfokú napelemek által termelt energiát 7000 egységből álló, 1 km átmérőjű antenna sugározna 2,45 GHz frekvencián a Földre, ahol a mikrohullámú sugárzást egy 10 × 13 km kiterjedésű antennarendszer veszi, hogy azután átalakítsa elektromos árammá. Az SPS holdat 500 ember fél év alatt szerelné össze geostacionárius pályán. A fantasztikus terv számos részlete ma még tisztázatlan, így például a mikrohullámú sugárzás hatása az élővilágra, az ionoszférára stb. Az első SPS felbocsátására csak 2000 után kerülne sor, várható előállítási költsége (jelenlegi árakban) darabonként 13,5 milliárd, fejlesztése 57,5 milliárd dollár lenne.

A másik perspektivikus lehetőség *bizonyos termelési folyamatok áttelepítése a világűrbe*. A mikrogravitációs (gyakorlatilag súlytalan) környezetben a konvekció, a diffúzió és a felületi erők hatása tökéletesen más, mint a Földön. Ennek hasznosítási lehetőségeit már számos űrkísérletben kipróbálták. Minthogy súlytalanságban bizonyos folyadékjelenségek zavaró hatások nélkül, tisztábban állíthatók elő, ezért a közeljövőben (például a *Spacelab* űrállomáson) elsősorban folyadékos kísérleteket terveznek. Ide tartoznak tulajdonképp azok az egykristálynövesztési, fémkohászati kísérletek is, melyek a *Szaljut — 6-on* folytak. Mindez a század végére feltehetőleg nagyobb méretekben, iparszerűen folyik majd a hatalmas űrállomásokon, speciális mesterséges holdakon.

A világűr mint veszélyforrás

Mint láttuk, a világűr — legalábbis Földünk kozmikus környezete — ma már alig tekinthető felfedezésre váró *terra incognitának*, nagyobb részben olyan erőforrás, melyet az emberiség fokozódó mértékben hasznosít gondjainak megoldásában. Ez talán az elmúlt negyedszázadban bekövetkezett legfontosabb változás kozmikus szemléletünkben.

Azonban az elmúlt évtized ugyancsak döntő (és alighanem visszafordíthatatlan) változást hozott az *ember és a természet viszonyának megítélésében* is. A megelőző évszázadok uralkodó szemlélete szerint „a természetet meg kell hódítani”, vagy legalábbis „át kell alakítani” ahhoz, hogy az emberiség egyre könnyebben éljen. Napjainkra megértettük,

hogy *természeti környezetünk védelemre szorul* az emberi, különösen pedig az ipari tevékenységgel szemben; a környezetvédelem hivatalos programmá, egyes országokban politikai töltetű mozgalommá és divattá vált. Minden emberi tevékenység megítélése során egyre jobban előtérbe kerül az a szempont, hogy az adott tevékenység árt-e, vagy potenciálisan árt-e környezetünknek.

Mi ebből a szempontból az *űrkutatás* helyzete? Vannak-e, lehetnek-e olyan veszélyei az egyre fokozódó emberi tevékenységnek a világűrben, amelyekre idejében fel kell figyelnünk — mielőtt még természeti környezetünket jóvátehetetlen kár éri? Jogos a kérdés, annál is inkább, hiszen a világűrben végrehajtott kísérletekkel az emberiség 25 éve folyamatosan „szennyezi” azt a közeget, amely a korábbi évmilliókban csak természetes kapcsolatban állt a földi élettel és annak millióféle megnyilvánulásával. Ismerjük-e eléggé ezt a közeget, s annak tűrőképességét ahhoz, hogy felmérjük mesterséges holdjaink, rakétáink hatását és tevékenységünk ésszerű korlátait? Hiszen az űrkísérletekben nemcsak *megfigyeljük* a Világmindenség jelenségeit (mint ezt a csillagászat évezredek óta keresztül veszélytelenül tehetto), hanem *fizikailag is befolyásoljuk* a benne lejátszódó folyamatokat.

A „Unispace '82” ENSZ-konferencia számára a világűrtevékenység veszélyeiről ugyancsak szakértői tanulmány készült. A józan, túlzásoktól tartózkodó összeállítás megkísérli objektíven értékelni a potenciális veszélyforrásokat, és — ahol lehet — javaslatot is tesz a védekezés tervezésére.

A rakétaindítások környezeti ártalmai

Amikor egy asztronautikai hordozórakéta elindul, erőteljes hanghatás mellett nagy gáz- és porfelhő képződik. A start ezen kísérőjelenségei ma még jelentéktelenek, lokális jellegűek. Figyelembe kell azonban venni, hogy a rakétamotorok 100 km fölött, a milliószor ritkább felsőléggörben is működnek, és ott szennyező hatásuk már észrevehető lehet. Az amerikai űrrepülőgép minden indításakor például 750 t oxigén és hidrogén, továbbá 1000 t szilárd hajtóanyag ég el, s a keletkező csapadékkal víz és klórszármazékok kerülnek a sztratoszférába és a mezoszférába. Hatásuk ma még nem jelentős, de feltehető, hogy a gyakoribb indítások megváltoztathatják például a sztratoszféra ózontartalmát.

Hatás a pályamenti környezetre

Miközben egy mesterséges hold a Föld körül repül, hatással van a környező levegőre — akkor is, ha programján a környezetet aktívan vizsgáló kísérletek nem szerepelnek. Az űrhajók és űrállomások az elhasz-

nált víz egy részét kibocsátják a világűrbe, továbbá levegő szőkik el a kabinból a nem tökéletes tömítéseken. Ezenkívül a stabilizáló hajtóművek minden bekapcsolása gázokkal szennyezi a felsőléghőrt. Az ionoszféra reagállegérzékenyebben azokra a molekulákra, amelyek rendes körülmények között nem tartoznak alkotóelemei közé. Az ionoszféra bonyolult kémiai folyamatai lényegesen módosulhatnak, ami időlegesen megváltoztathatja e réteg rádióhullám-visszaverő képességét.

Megfigyelték például, hogy az asztronautikai óriásrakéták indítása helyileg néha több órán keresztül is megzavarja a rádióhullámok terjedését. Ez történt 1973-ban a Skylab felbocsátásakor, midőn az ionoszférában a csökkent elektronsűrűség tartománya (a „nagy lyuk”) elérte a 2000 km-es kiterjedést. 1979-ben a HEAO—C hold indításakor az Atlas-Centaur rakéta 466 km csúcsmagasságig működött, s a rádióösszeköttetésben komoly zavarok keletkeztek.

A fémből készült mesterséges holdak a geomágneses térben mozogva természetesen áramot indukálnak, mely módosítja a lokális mágneses teret. A nagy fémhálók (antennák) viszont összegyűjtik mozgás közben a töltött részecskéket. Ma még mindkét hatás jelentéktelen.

Az anyagkibocsátással járó aktív űrkísérletek

Az ilyen kísérletek száma nem túl nagy, de hatásuk nehezen számítható. E kísérletek célja többnyire a *légkörben lejátszódó kémiai folyamatok és mozgásvizonyok tanulmányozása*, esetleg az ionoszféra bizonyos tulajdonságainak javítása. Annak ellenére, hogy a kidobott anyag (nátrium, bárium, stroncium stb.) mennyisége csekély, néha jelentős változások jöttek létre — például a töltött részecskék ionkémiai folyamataiban.

Az *aktív légköri kísérletek* során általában a következő jelenségeket figyelik meg. A kidobást követő percben a kinetikus hatások dominálnak: a gáz kiterjed és erősen lehűl. Az első másodpercben kondenzációs magok, sőt cseppek jöhetnek létre. Különösen gyors a hidrogén diffúziója. Az első 15 másodpercben a felhő főleg horizontálisan terjed, és elérheti a 100 km-es átmérőt is. Ettől kezdve a gázfelhő fejlődését az esetleges kémiai reakciók erősen befolyásolják. Ha ilyen reakciók nincsenek, akkor a gáz lassan diffundál lefelé, de még hónapokig is a felsőlégkörben maradhat. Felfelé, a világűrbe egyedül a hidrogén diffundál.

A mesterségesen a felsőlégkörbe injektált anyagok hatással vannak az ionoszféra ion- és elektronkoncentrációjára is. Ez általában az *elektronsűrűség rövid ideig tartó, erős csökkenésében* nyilvánul meg. Például 100 kg hidrogén kibocsátása 300 km magasságban az elektronsűrűség maximumát harmadára csökkentette, ugyanakkor az elektronhőmérséklet 10 perc alatt 1500 fokkal emelkedett. Ez azt jelentette, hogy az ionoszférában 250 km széles „lyuk” keletkezett, mely a hidrogénnal együtt

felfelé szállt a mágneses erővonalak mentén. Mindez erősen befolyásolta a rádióhullámok terjedését, például a navigációhoz használt VLF-hullámokét. Felmerült az az érdekes gondolat is, hogy az ily módon mesterségesen átlátszóvá tett ionoszférán keresztül a földi rádiócsillagászok máskor keresztülvihetetlen megfigyeléseket végezhetnének.

Néhány esetben az aktív űrkísérlet során *robbantásra* került sor a felsőlégkörben. (Például 1977-ben 261 km magasságban 88 kg hagyományos robbanóanyagot robbantottak fel.) Az ilyen kísérletek is alaposan megváltoztatják az ionoszféra természetes állapotát. A tervek szerint bizonyos diffúziós hatások vizsgálata céljából a *Spacelab* űrállomásról 3000 kg rakétahajtóanyag elégetésével kívánnak ilyen kísérletet végrehajtani. Felteszik, hogy a hatás erős lesz, de csak néhány óráig tart majd.

Lényegesen veszélyesebbek a *nukleáris robbantások* a világűrben. Az ötvenes évek végén és a hatvanas évek elején több ilyen robbantásra került sor, melyek nagy és kiterjedt változásokat hoztak létre a felsőlégkörben. Minthogy a röntgen- és gamma sugárzás hosszú utat képes megtenni a ritka levegőben, ezért az atombomba elnémitott több más mesterséges holdat. A robbantások során felgyorsított részecskék a geomágneses erővonalak mentén eljutottak a déli félgömb fölé is, és ott másodperceken belül *sarki fényt* hoztak létre. Olyan esetekben, amikor a robbantás alacsony szélességek fölött történt, *mesterséges sugárzási övezet* jött létre, és az évekig kimutatható volt.

Erősen felgyorsított elektronok és ionok kerülhetnek a felsőlégkörbe az *ionhajtómű-kísérletek* során is. Jelenleg még az ilyen elven működő hajtóművek száma kevés, s teljesítményük is kicsi (az eddig elért maximum 20 keV-es elektronok 1 amperes árama), a jövőben azonban az ionhajtóművek elterjedésével számolni kell. A kísérletek során gyenge sarki fényt és plazmahullámok megjelenését észlelték.

Ugyanez vonatkozik a világűrben végrehajtott *anyagmegmunkálási folyamatok* melléktermékeinek szennyező hatására. Amíg e tevékenység a jelenlegi szinten folyik, addig védekezni nem kell. Iparszerű méretekben azonban ezek az eljárások elkerülhetetlenül jelentős anyagiáramlással járnának (pl. a hűtőrendszerből), ezért vigyázni kell, hogy a használt anyagok ne legyenek veszélyesek a légkör összetételére.

Jelent-e az ember szempontjából közvetlen veszélyt valamelyik űrkísérlet?

A Skylab űrállomás pusztulásának óriási közönségviszhangja 1979-ben ráirányította a figyelmet arra az egyszerű tényre, hogy fejünk felett ezrével keringenek gramm, kilogramm vagy tonna tömegű mesterséges égitestek, amelyek a légkörben lefékeződve előbb-utóbb (befolyásolhatatlan módon!) a Földre zuhannak, és itt jelentős károkat okozhatnak. Mekkora ez a veszély? Noha pontos számot megadni nem lehet, *annak*

valószínűsége, hogy valakit eltalál egy lehulló mesterséges hold, nem nagyobb, mint az, hogy véletlenül rázuhan egy repülőgép. 1979 végéig 6733 űrobjektum semmisült meg a Föld légkörében, és ezek közül alig 16-ot sikerült egyáltalán megtalálni! Vannak azonban módszerek arra, hogy a műholdak légköri pusztulását szabályozzuk vagy elkerüljük — e témára később térünk vissza.

Fokozottabb veszélyt jelentenek az *izotópos energiaforrást vagy nukleáris reaktort szállító mesterséges égitestek*, mint például egyes Transit, Snapshot vagy Kozmosz holdak. Ezeknél gondoskodni kell a visszatérő űreszköz teljes megsemmisítéséről, a hasadóanyag elgőzölgötetéséről. Eddig összesen három amerikai és egy szovjet űreszközzről ismeretes, hogy hasadóanyagot tartalmazott, de nem került a tervezett pályára, hanem részben vagy egészben visszazuhant a Földre. Sugárkárosodást egyik esetben sem találtak. Tökéletes biztonság természetesen nem érhető el ebben a vonatkozásban.

A sztratoszférában tudományos műszerekkel, például távcsövekkel repülő, nagy *léggömbök** felbocsátását a helyi repülésügyi hatóságok ellenőrzik, hogy repülőgépekkel való találkozás ne következhesen be. A program befejeztével a hasznos teher ejtőernyővel ereszkedik le, a ballont pedig megsemmisítik. Ugyanez vonatkozik a stelláris háromszögelésnél használt kisebb léggömbökre.

A geodéziai műholdak követésére immár 15 éve használnak nagy energiájú impulzusokat kibocsátó *lézereket*, ezek veszélyeztethetik a felettük átrepülő repülőgépek személyzetének látását, ha a pilóták éppen a működő lézerbe pillantanak. Az ilyen sérülésnek azonban eleynészően csekély a valószínűsége, mind ez ideig nem volt lézer okozta baleset a légi közlekedésben. A műholdkövető lézerek újabb generációi egyébként még kisebb széttartású és energiájú impulzusokat használnak, vagyis a veszély tovább csökken.

Inkább csak fantasztikus regényekben merül fel az a lehetőség, hogy *más égitestekről visszatérő űreszközök által behurcolt idegen mikroorganizmusok* esetleg ismeretlen, az emberre veszélyes járványokat okozhatnak. Bebizonyosodott azonban, hogy nincs ok aggodalomra: a Holdon, a Marson és valószínűleg a Naprendszer más égitestjein sem található élő anyag. Ennek ellenére a más égitestre induló űrszondákat gondosan sterilizálják, nehogy *földi* mikroorganizmusokkal szennyezzék a Naprendszert. Felmerült az a gyanú is, hogy a világűrbe vitt és onnan visszahozott földi mikroorganizmusok az emberre veszélyes *mutációkat* hoznak

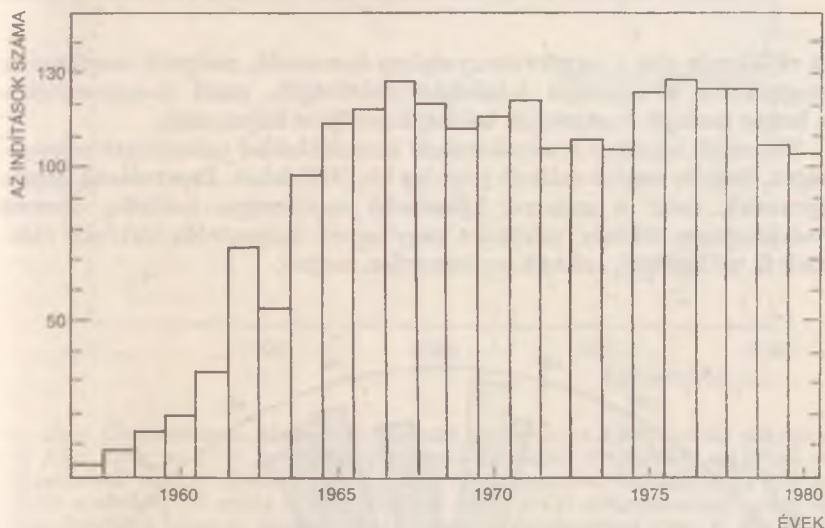
* A tudományos célú magaslégköri léggömbkísérletek a COSPAR-hoz tartoznak, s így (megállapodásszerűen) az *úrkutatás* részét képezik!

létre. Végeztek már vizsgálatokat ilyen mikroorganizmusokkal, de semmiféle veszélyt nem észleltek.

Összefoglalva: megállapítható, hogy a világűrtevékenység jelenlegi szintjén az embert fenyegető veszélyek teljesen jelentéktelenek.

A Föld környezetének fizikai szennyezése

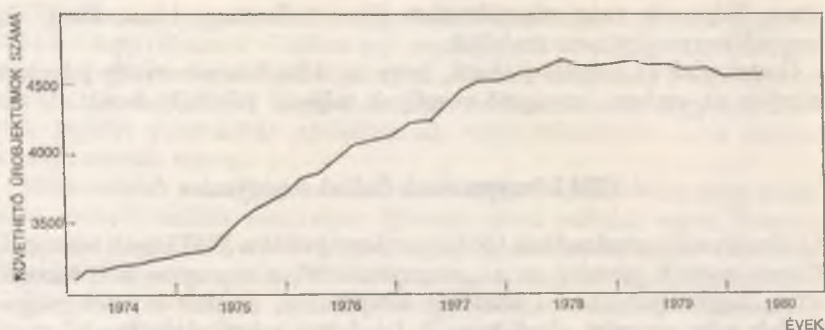
Az elmúlt negyedszázadban több ezer tárgy jutott a Föld körüli térségbe. Milyen méretű jelenleg ez a „szennyeződés”, s mennyire kell tartani attól, hogy eljutunk a telítettség állapotához, amikor a mesterséges holdak már egymást akadályozzák feladatuk végrehajtásában?



1. ábra. Mesterségeshold-indítások száma 1956 és 1980 között

A mesterséges holdak száma és eloszlása Föld körüli pályákon

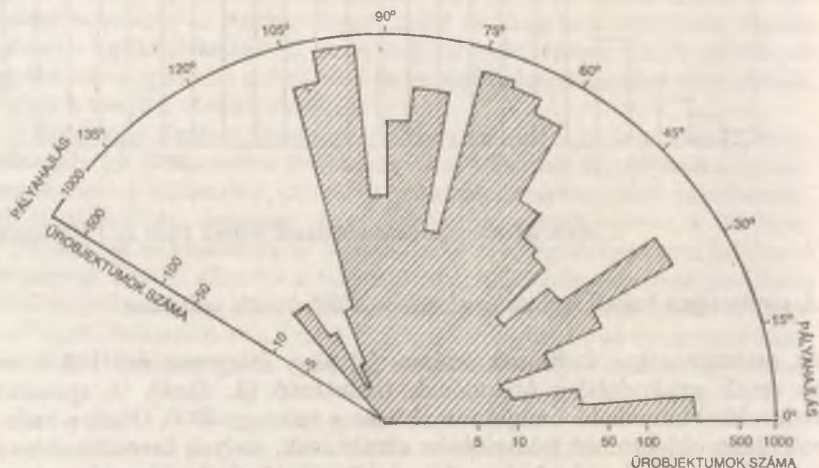
Az asztronautikai indítások száma jelenleg átlagosan évi 116, s ez az érték gyakorlatilag állandónak tekinthető (1. ábra). A speciális radarokkal követhető űrobjektumok száma mintegy 4600. (Ezek a radarok olyan objektumok felderítésére alkalmasak, melyek keresztmetszete meghaladja az 1 m²-t.) A radarral követhető űrobjektumok száma 1974–78 között növekedett, majd 1978–80 között kissé csökkent.



2. ábra. A követhető űrobjectumok számának változása 1974 és 1980 között

A csökkenés oka a naptevékenységben keresendő, melynek maximuma megnövelte a semleges felsőlégkör sűrűségét, ezzel meggyorsította a benne keringő mesterséges holdak fékeződési folyamatát.

Nehezebb felmérni a nem követhető törmelékholdak pillanatnyi mennyiségét. Becslés szerint számuk jelenleg kb. 5000 lehet. Pusztulásuk üteme gyorsabb, mint a radarral követhető mesterséges holdaké, viszont valahányszor ütközés, robbanás vagy egyéb katasztrófa történik valamelyik műholddal, számuk ugrásszerűen megnő.

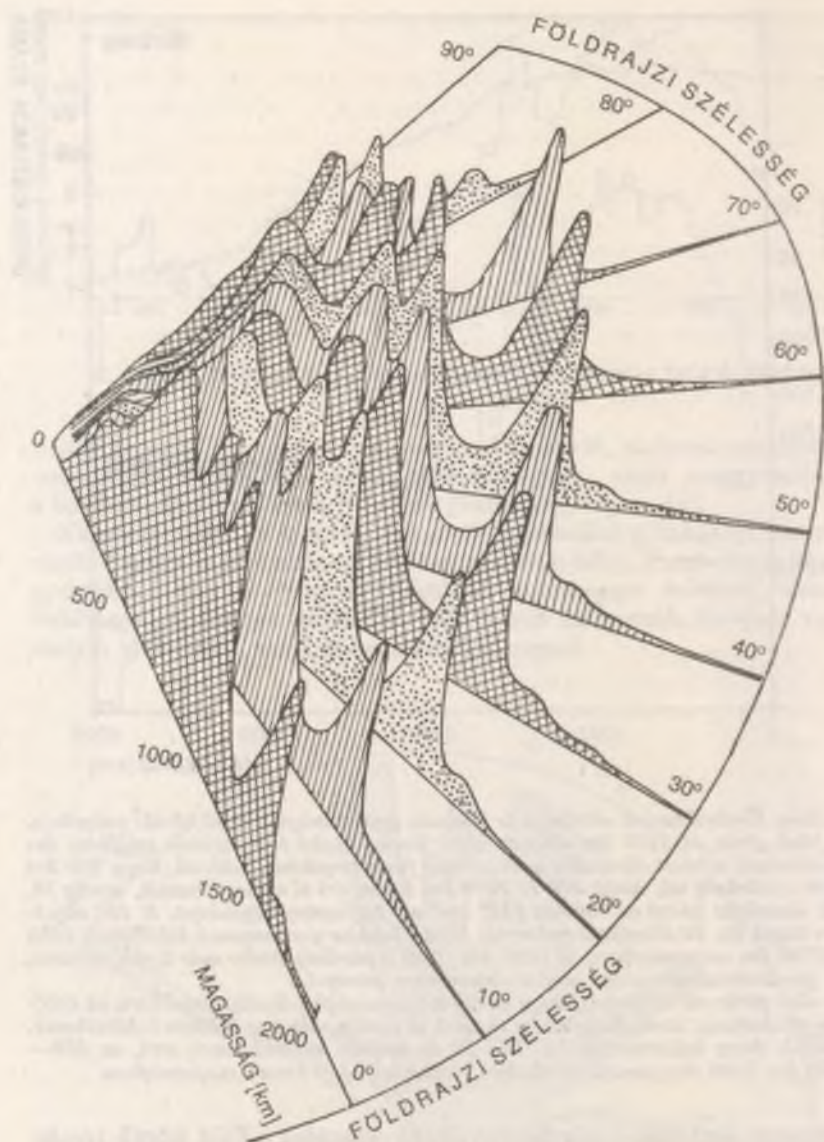


3. ábra. A műholdak megoszlása a pályahajlás szerint



4. ábra. Űrobjektumok sűrűsége és ütközési gyakorisága a Föld körüli pályákon. A felső görbe az 1000 km élhosszúságú, kocka alakú térrészekben található űrobjektumok számát ábrázolja a magasság függvényeként. Látható, hogy 100 km fölött a sűrűség nő, majd 500 és 1000 km között éri el a maximumát, amely kb. 100 évesközt jelent az említett (10^9 km^3 -es) térfogategységenként. E 100 objektum közül kb. 60 követhető radarral. Újabb lokális maximumok találhatók 1450 és 3700 km magasságban, de 2000 km fölött a sűrűség értéke már 3 alá csökken. (A geostacionárius pálya ezen a rajzon nem szerepel.) Az alsó görbe azt adja meg, hogy az adott magasságú pályákon mekkora az ütközési gyakoriság, azaz, hogy hány év telik el addig, míg egy ütközés bekövetkezik. Látszik, hogy leghamarabb kb. 18–20 év múltán számíthatunk erre, az 500–1000 km közti magasságú térrészben, illetve az 1450 km-es magasságban

Hogyan oszlanak meg a megfigyelhető műholdak a Föld körüli térségben? Pályaelemeik közül leginkább a *hajlásszög*, az inklináció állandó, ennek jelenlegi eloszlását a 3. ábra mutatja be. Az űrobjektumok jelenlegi térbeli sűrűségeloszlását kb. 50%-nyi hibával lehet megbecsülni (4. ábra).



5. ábra. Az űrobjektumok megoszlása magasság és földrajzi szélesség szerint

A sűrűség — mint a magasság és a földrajzi szélesség függvénye — látható az 5. ábrán. Észrevehető, hogy a pólusok környéke kevésbé sűrűn benépesült, mivel a kisebb inklinációjú holdak nem jutnak a magas szélességek fölé. *A geostacionárius pálya* 35 800 km-es magassága természetesen speciális eset. Itt már jelentős a sűrűsödés, és (mivel a holdak relatív helyzete e pályán nem változik) *tartós leárványok* is lehetséges. Az árnyék százszor hosszabb lehet, mint maga az objektum!

Ütközhetnek-e egymással a mesterséges holdak?

Az ütközés valószínűsége Sehnal és Pospisilova képlete szerint

$$\Delta C = \frac{1}{2I} \sum A \cdot V \cdot D^2 \Delta S,$$

ahol A a hatáskeresztmetszet, V a relatív sebesség, D a térbeli sűrűség és ΔS a térfogatelem. Legnagyobb szerepe nyilván a *térbeli sűrűségnek* van, ezért *legvalószínűbb az ütközés az egyenlítő fölötti tartományban*, ahol a pálya hajlásszögétől függetlenül bármelyik hold naponta többször is átmegy.

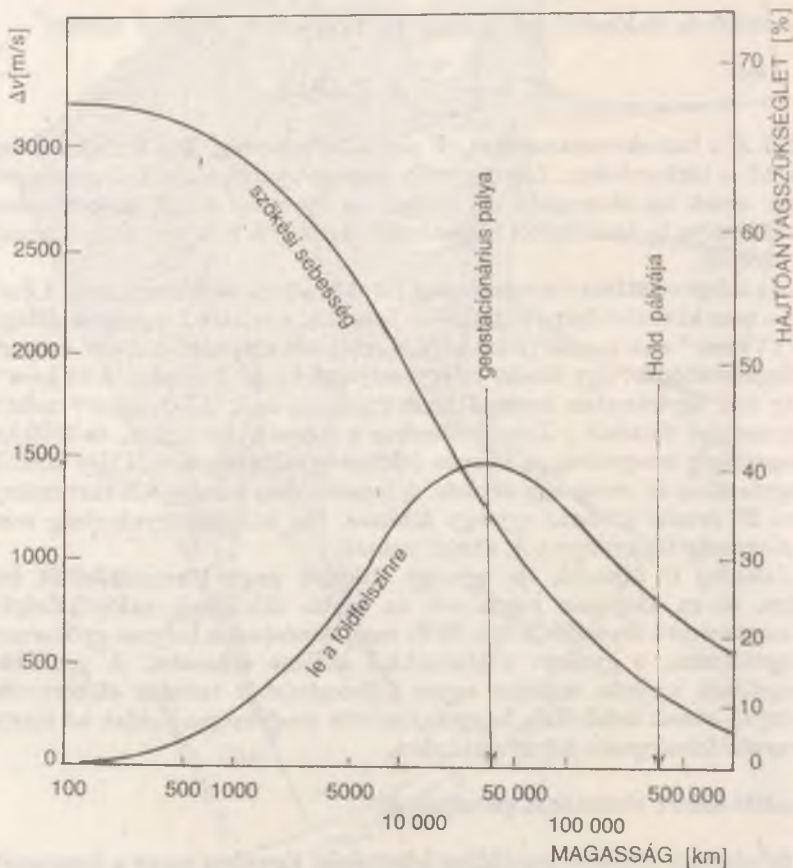
Az átlagos hatáskeresztmetszetet (A) követhető objektumoknál $1,5 \text{ m}^2$ -re, a nem követhetőeknél $0,01 \text{ m}^2$ -re becsülik, a relatív sebességek átlagát (V) 7 kms^{-1} -nak veszik. (Ezen utóbbi érték két alapvetően eltérő csoport-átlagból adódik: egy direkt és egy retrográd hold ütközése $\sim 13 \text{ kms}^{-1}$, míg két, egyirányban keringő hold ütközése csak $1\text{—}3 \text{ kms}^{-1}$ relatív sebességgel történik.) Behelyettesítve a becsült értékeket, és 4000 km magasságig integrálva, az átlagos ütközési gyakoriságra $0,017/\text{év}$ adódik, vagyis *átlag 60 évente egy ütközés*. A legsűrűbben benépesült tartományban 20 évente várható egy-egy ütközés. (Az ütközési gyakoriság mint a magasság függvénye a 4. ábrán látható.)

Jelenleg C állandó, de egy-egy ütközés nagy törmelékfelhőt hoz létre, és ez alaposan megnöveli az újabb ütközések valószínűségét. A nagyméretű űreszközök (pl. SPS) megjelenésével a helyzet gyökeresen megváltozna, s gyakori ütközésekkel kellene számolni. A probléma megoldása nyilván minden egyes felbocsátásnál tudatos előtervezést igényel, annak érdekében, hogy az inaktív mesterséges holdak ne szennyezzék feleslegesen környezetünket.

Inaktív holdak eltávolítása pályájukról

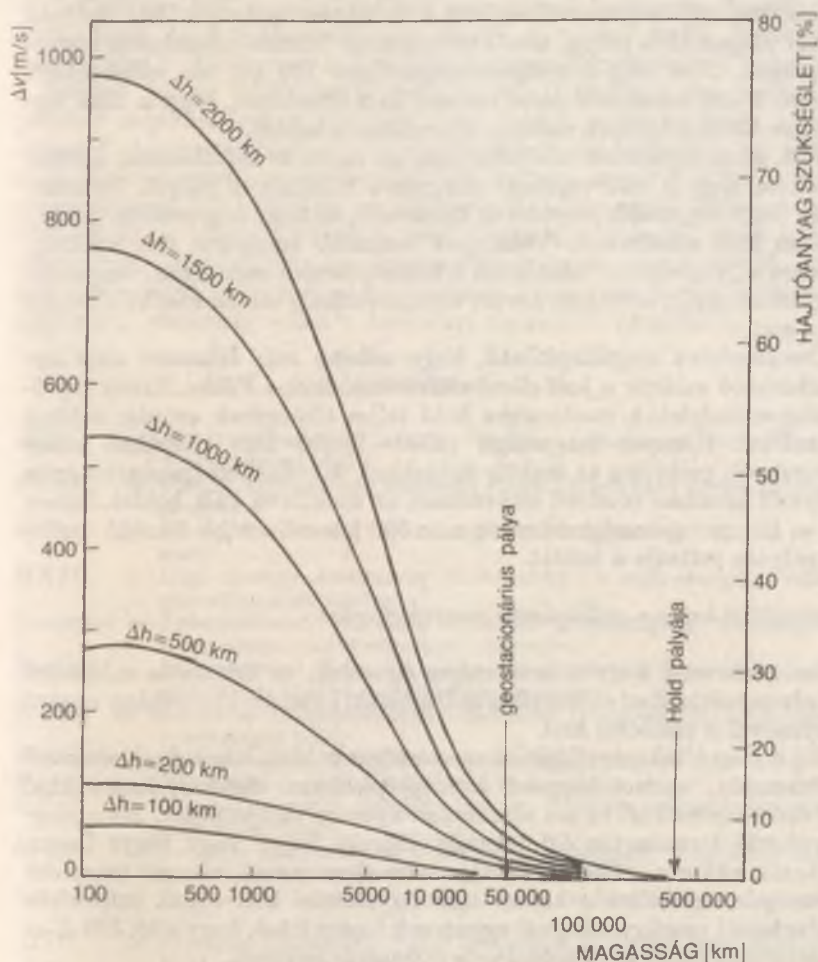
A feladatnak többféle megoldása lehetséges. Egyrészt maga a természet, pontosabban a *felsőlégtörő közegellenállás fékező hatása* gondoskodik az alacsonyan keringő mesterséges holdak elpusztításáról, másrészt a már inaktív holdat *hajtóműveivel lehet veszélytelen pályára juttatni*.

A természet „tisztító hatása” olcsó és hatékony, de bizonyos esetekben nem elég biztonságos. A 4600, radarkövetésre alkalmas hold közül átlag tíz pusztul el hetente a felsőlégkörben; ezek közül átlag kettő olyan jelentős tömegű (1000 kg körüli), hogy törmelékei elérhetik a Föld felszínét. Amennyiben a pusztulás végső szakasza lakott terület fölött történik, a több kilogrammos törmelékek már jelentős kárt okozhatnak! Nagyon nehéz azonban pontosan előre jelezni a végső megsemmisülés helyét — éppen a felsőlégköri sűrűség naptevékenységtől függő, szabály-



6. ábra. Sebességmódosítási, illetve hajtóanyag-szükséglet a Földre, illetve a Föld környezetének elhagyásához vezető pályák esetén. A kiindulás különböző magasságú körpályákról történik

talán fluktuációi miatt. Ezért a nagy tömegű mesterséges holdakat (rendszerint űrhajókat) célszerű olyan, a visszatérést szabályozó rendszerekkel ellátni, melyek az inaktív periódusban is működőképesek. Ilyen rendszerekkel irányítják a világóceánok fölé visszatérésük végső szakaszában a Szaljut űrállomásokat, illetve Progressz teherűrhajókat, hogy becsapódásuk kárt ne okozzon. Az amerikai űrrepülőgép a jövőben



7. ábra. Sebességmódosítási, illetve hajtóanyag-szükséglet egy adott magasságú körpályára Δh magassággal történő megemeléséhez

arra is képes lesz, hogy néhány inaktív holdat pályájáról leemelve, csomagterében visszahozzon a Földre. Mindez azonban a veszélyes pályán keringő űrobjektumok csekély töredéke.

Mekkora *energia* szükséges egy inaktív mesterséges hold végleges eltávolításához, akár a földfelszínre vezető pályára fékezve, akár „kidobva” a Föld gravitációs környezetéből? Az előbbihez szükséges Δv sebességmódosítást, illetve a mesterséges hold tömegéhez viszonyított százalékos hajtóanyag-szükségletet a 6. ábrán mutatjuk be. Nyilván minél magasabb a pálya, annál erőteljesebb fékezés szükséges a visszatérítéshez. Nem elég a perigeummagasságot 100 km alá csökkenteni, hanem *3°-nál meredekebb végső szakaszt* kell létrehozni, hogy a sűrű légkörbe történő belépés valóban elpusztítsa a holdat.

A 6. ábra ugyanezen adatokat arra az esetre is tartalmazza, amikor a cél az, hogy a hold végképp elhagyja a Föld körüli pályát. Nyilvánvaló, hogy magasabb pályáról ez könnyebb, és hogy a gyorsítást perigeumban kell alkalmazni. Valamivel kevesebb energiára van szükség, ha nem a „végtelenbe” távolítjuk a holdat, hanem csak olyan, magasabb pályára emeljük, ahol nem zavar, viszont szükség esetén később elérhető (7. ábra).

Összefoglalva megállapítható, hogy *néhány száz kilométer alatt leg-hatékonyabb módszer a hold ellenőrzött visszatérítése a Földre*. Ennek hajtóanyag-szükséglete a mesterséges hold teljes tömegének csupán néhány százaléka. Közepes magasságú (1500–10 000 km) pályákon nincs különösebb probléma az inaktív holdakkal. A túltelített geostacionárius pályáról azonban célszerű eltávolítani az inaktívvá vált holdat. Innen $\Delta v = 18 \text{ ms}^{-1}$ sebességmódosítás már 500 km-rel arrébb húzódó tartálékpályára juttatja a holdat.

Kedvezőtlen hatás a csillagászati megfigyelésekre

Noha közismert, hogy a mesterséges égitestek, az űrkutatás módszerei hatalmas mértékben elősegítik a csillagászati kutatásokat, néhány zavaró tényezővel is számolni kell.

Ha a Nap által megvilágított mesterséges holdak áthaladnak a távcső látómezején, *nyomot hagynak a fényképlemezen*. Schmidt-kamerákkal történő észleléseknél ez ma már lépten-nyomon előfordulhat. Ha a megfigyelendő természetes égi jelenség állandó fényű vagy fénye lassan változik, akkor a műholdáthaladás nem okoz zavart, viszont tranzien্স jelenségek mérésekor e hatást már figyelembe kell venni. Infravörös csillagászati megfigyeléseknél ugyancsak fontos lehet, hogy *a kb. 300 K-es hőmérsékletű mesterséges holdak erős infravörös sugárzók*.

A probléma kétségtől a rádiócsillagászatban a legnagyobb, ahol *a műhold-rádióadások interferenciája* alig kerülhető el. Különösen veszé-

lyes, ha a műhold a számára kijelölt frekvencián kívül annak többszöröseiben is jelentékenyen sugároz. A közeljövőben sajnos e tekintetben javulás nem várható, sőt a nagy teljesítményű műsorszóró holdak megjelenése újabb veszélyeket rejt magában.

*

Az „Unispace '82” tanulmányainak tanulságait összegezve megállapítható, hogy az *űrtevékenység jelen szintje nem okoz tartós kedvezőtlen változásokat a Földön vagy a Föld környezetében*. Természetesen változhat a helyzet, ha az űrbéli tevékenység szintje jelentősen megemelkedik, például naperóművek települnek Föld körüli pályára. Ilyen tervek előzetes „környezetvédelmi” vizsgálata okvetlenül szükséges. Az emberiség természetesen nem fékezheti fejlődését azzal a túlbiztosított magatartással, hogy leállítja az űrkutatást, s így megvédi környezetünk tisztaságát — hiszen *a világűrre mint természeti erőforrásra egyre jobban rászorulunk*. Mindenképp megfontolandó, hogy ha annak idején előre felmérték volna az ipari forradalom összes káros hatását a környezetre, alighanem elmaradt volna a technikai civilizáció kifejlődése.

Rövidítések

<i>ATS</i>	= Applications Technology Satellite (alkalmazott-technológiai mesterséges hold)
<i>GARP</i>	= Global Atmospheric Research Program (globális légkörkutatói program)
<i>GPS</i>	= Global Positioning System (globális helyzetmeghatározó rendszer)
<i>HEAO</i>	= High Energy Astronomy Observatory (a nagy energiájú csillagászat obszervatóriuma)
<i>Inmarsat</i>	= International Maritime Satellite Organisation (nemzetközi tengerészeti mesterségeshold-szervezet)
<i>Intelsat</i>	= International Telecommunication Satellite Consortium (nemzetközi távközlési műhold-konzorcium)
<i>Marecs</i>	= Maritime Communication Satellite (tengerészeti távközlési mesterséges hold)
<i>Meteorol</i>	= Meteorological Satellite (meteorológiai mesterséges hold)
<i>Navstar</i>	= Navy Star (a GPS-holdak más elnevezése)
<i>NNSS</i>	= Navy Navigation Satellite System (haditengerészeti navigációs műholdrendszer)
<i>SITE</i>	= Satellite Instructional Television Experiment (műholdas oktatási televíziós kísérlet)
<i>SNAP</i>	= System for Nuclear Auxiliary Power (nukleáris tápegység-rendszer)
<i>SPOT</i>	= Satellite probatoire pour l'observation de la terre (kísérleti Föld-megfigyelő hold)
<i>SPS</i>	= Solar Power Satellite (napenergiahold)
<i>Tiros</i>	= Television and Infrared Observation Satellite (televíziós és infravörös megfigyelő mesterséges hold)

ÖTÖDIK ÉVSZÁZADÁBA LÉPETT A GERGELY-NAPTÁR

A naptár az idő folyamatos (egyértelmű) beosztása a csillagászati megfigyelések által szolgáltatott természetes alapegységek (pl. év, hónap, nap) segítségével. Ezek közül sok szempontból legfontosabb az *év*. Bár csillagászatiilag többféle évet lehet definiálni, naptárainkhoz az ún. *tropikus évet* használjuk, mivel ehhez igazodik az évszakok változásának ciklusa. Tropikus éven azt az időtartamot értjük, ami alatt a Nap évi látszólagos mozgásának pályáján (az égi ekliptikán) tavaszponttól tavaszpontig halad. Hossza (négy tizedesjegyre kiírva): 365,2422 *középnap*.

Az első fejlett naptárak készítői — mintegy 5000 évvel ezelőtt — a sumérok voltak, de magas szintre jutottak ezen a téren az ókori babiloniak, zsidók, egyiptomiak, indiaiak, kínaiak, maják, görögök és rómaiak is.

Ókori naptárak és ezek reformjai

A római naptár kezdetei

Mai naptárunk az *ókori római naptárból* fejlődött ki. Romulus — a legenda államalapító — korában (i. e. VIII. század) a rómaiak *csak a Hold járásához igazodtak, s 10 hónapra osztott 304 nap tett ki egy évet*. Kezdetben a hónapoknak nem volt nevük, csak *sorszámuk*, és az év kezdete annak a hónapnak az elejével esett egybe, amelyikben beköszöntött a tavasz.

Az i. e. VIII. század végén azután az első négy hónap külön elnevezést kapott. A kezdő hónapot Mars hadistenről (Martius = március), a másodikikat a természet újjáéledéséről (aperire = kinyílni, bimbózni), a harmadikat az utazók és kereskedők istenének anyjáról, Maiáról, míg a negyediket Jupiter feleségéről, Junóról nevezték el. A többi hónapnak továbbra is csak sorszámneve volt, Quintilis (ötödik), Sextilis (hatodik), September (hetedik), October (nyolcadik), November (kilen-

cedik), December (tizedik). A március, a május, továbbá az ötödik és nyolcadik hónap 31 napos volt, a többi pedig 30—30 napot számlált.

Ezt a rendszert később úgy módosították, hogy az *évet 12 Hold-hónapra terjesztették ki*. Egyes források szerint még az i. e. VII. század közepén, Numa Pompilius király csatolta a januárt (Januarius) és februárt (Februarius) az évhez. Itt a névadó a kétarcú Janus (arra való utalással, hogy hónapja az ó- és újév küszöbén áll, egységbe fogva a múltat és a jövőt), továbbá az etruszk mitológiában szereplő alvilági uralkodó, Februus volt, akinek hónapjára esett a vallásos „megtisztítás” szertartása. (A januári évkezdetet egyébként véglegesen csak az i. e. II. évszázadban vezették be, továbbra is megőrizve az újév márciusi ünnepét.)

A régi római naptári hónapban három nevezetes napot tartottak számon: a hó első napja a *kalendae* nevet kapta, az első negyed (holdfázis!) napját *nonaenak*, a holdtölte napját pedig *idusnak* hívták. Kezdetben nyolcnapos „hetet” használtak.

Mint láttuk, a rómaiak az i. e. VII. században tértek rá a 12 hónapos évre. Ekkor az év 355 napot számlált. Ennek oka az akkori naptár alapvetően *lunáris* jellegében keresendő. Mivel a két azonos holdfázis között eltelő ún. *szinodikus Hold-hónap* 29,53 középnapot tesz ki, a 12 hónap együttes hossza 354,4 nap. (A különböző hónapok közötti megoszlásukat az 1. táblázat tartalmazza.) Mivel a babonás rómaiak szerint a páros számok kevésbé szerencsések a páratlanoknál, a február két szempontból is szerencsétlennek számított: egyrészt egyedül tartalmazott páros számú napot, másrészt rövidebb volt, mint a többiek.

1. táblázat

A régi római naptár beosztása* (i.e. VII. sz.)

A hónap neve	A napok száma	A hónap neve	A napok száma
Martius	31	September	29
Aprilis	29	October	31
Majus	31	November	29
Junius	29	December	29
Quintilis	31	Januarius	29
Sextilis	29	Februarius	28

Miután a rómaiak számára is kellemetlenné vált, hogy a naptár a Nap járásához képest állandóan eltolódik, az i. e. VI. század elején áttértek a *luniszoláris évre*, amelyet oly módon valósítottak meg, hogy egy négy éves cikluson belül két évet változatlanul hagytak, kettőt pedig meghosszabbítottak — úgy, hogy február 23-a és 24-e közé egy 22, illetve 23

* A januárt és februárt csak az i. e. VII. sz. közepén csatolták az évhez. Éveiket i. e. 754-től, Róma alapításától számították.

napos csonka szökőhónapot (mercedonius) iktattak be. Mint az egyszerűen kiszámítható, a naptári év átlagos hossza ezáltal meghaladta a valódi tropikus évet, és így további korrekciók váltak szükségessé, melyeket a papok sokáig önkényesen hajtottak végre.

A Julián-naptár

Tekintettel arra, hogy a naptár módosításának jogával a papok részben visszaéltek, részben pedig egyszerűen gondatlanul végezték a szükséges korrekciókat, Julius Caesar korára (i. e. I. század) már mintegy 90 napos eltérés állt elő a naptár és a Nap-év megfelelő része között. Ezért J. Caesar i. e. 46-ban (Szoszigenész alexandriai csillagász javaslatára) megreformálta az időszámítást. A hétköznapi életben is zavart okozó 90 napos eltérés megszüntetése érdekében a következő évet 445 naposnak szabta meg, és elrendelte, hogy *három 365 napból álló év után mindig egy 366 napos szökőév következzen.* A *Julián-naptárban* az év átlagos hossza eszerint *365,25 nap*, ami $0^d,0078 = 11'' 14''$ -mal hosszabb a tropikus évnél. J. Caesar a szökőnapokat — a régi szökőhónapokon alapuló hagyomány alapján — február 23-a után illesztette a naptárba. Ez az oka annak, hogy a mi szökőéveinkben is február 24-e a szökőnap.

Az új római naptári év hónapjai — a 29 napos februárt kivéve — váltakozva 31, illetve 30 napot számláltak, tehát szabályosabb volt a mai naptárnál. J. Caesar halála után a quintilis hónapot tiszteletére *juliusnak* nevezték el.

Sajnos, a Szoszigenész-féle szökőévszabályt a papok félreértették, és minden *harmadik* évet hosszabbították meg, ezért a következő 36 év alatt három felesleges szökőnapot iktattak a naptárba. A hibát Augustus császár úgy küszöböltette ki, hogy az i. e. 8-tól számított 12 éven keresztül nem engedélyezett szökőnapot, és ezután az eredetileg elképzelt négyéves ciklusra tért vissza.

Augustus a naptárigazítás emlékére a sextilis hónapot saját magáról neveztetette el, sőt, mivel ez az addigi naptárban csak „szerény” 30 napos volt, „névhónapját” 31 naposra egészítette ki, és egyúttal a februárt megrövidítette. Mivel így a július, augusztus és szeptember is 31 napos lett volna, Augustus megcserélte az utolsó négy hónap hosszának sorrendjét, ily módon kialakítva a naptár jelenleg is használt évi beosztását (2. táblázat).

Miután a Julián-év hossza több mint 11 perccel meghaladja a tropikus évet, *ez az időszámítási rendszer 128 év alatt egy napot „késik”* a valóságos helyzethez képest. Ezt az eltolódást már a niceai zsinat idején (i. sz. 325-ben) észrevették, és ezért a tavaszi napéjegyenlőség hivatalos idejét (amely a húsvét időpontjának meghatározása szempontjából igen fontos volt), március 21-re tették, de az eltolódás okát nem szüntették meg.

A Julián-naptár beosztása

Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	(29)	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31		31		31		31	31		31		31

A Gergely-naptár megalkotása és elterjedése

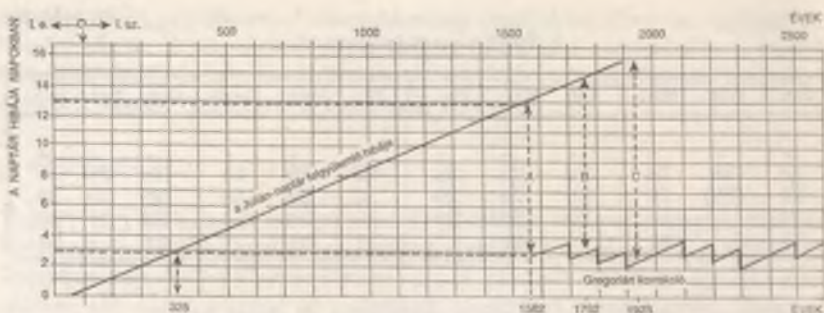
A gyökeres reformra igen hosszú ideig kellett várni. Igaz, hogy Roger Bacon angol filozófus (a skolasztika neves bírálója) már a XIII. század végén rámutatott arra, hogy a naptár nyolc napot „csúszik” a csillagászati évhez képest, változtatási javaslata azonban süket fülekre talált. A XV. század elején P. d'Ailly ismét szóba hozta a naptárjavítás ügyét, de 1425-ben bekövetkezett haláláig minden eredmény nélkül. A pápaság csak a század végén határozta el a naptár megreformálását. IV. Sixtus pápa Regiomontanust — Európa legnevesebb korabeli csillagászt — 1474-ben Rómába hívta, hogy dolgozza ki a naptárreform terveit. Regiomontanus azonban röviddel megérkezése után pestisjárvány áldozata lett, így a reform egy időre lekerült a napirendről.

A helyzet persze egyre rosszabbodott, és a tavasz kezdete a XVI. sz. végéig már a J. Caesar idejében érvényes március 25-ről március 11-re vándorolt vissza a naptárban! Ezért 1582-ben — Egnatius Dante, Cristoph Clavius és Aloisius Lilius* tanácsára — XIII. Gergely pápa újabb naptárreformot rendelt el.

Hogy a Nap a tavaszponton március 21-én haladjon át — mint a niceai zsinat idejében —, 1582. október 4-e után közvetlenül október 15-ét íratott (egyidejűleg az újév napját ismét január 1-re tette). Továbbá — hogy hasonló intézkedésekre a jövőben ne legyen szükség — a százzal osztható évszámú szökőévek közül csak azokat hagyta meg szökőévnek, amelyeknek évszáma négyszázzal is osztható. Így 1700, 1800, 1900 nem volt szökőév, 2000 ellenben az lesz. A ma már kevés kivételtől eltekintve általánosan használt Gergely-féle (gregorián) naptár szerinti év átlagos hossza:

$$(303 \times 365 + 97 \times 366)/400 = 365,2425 \text{ középnapp,}$$

* A. Lilius, akire a tervezet kidolgozásának oroszlánrésze hárult, a szinodikus hónap és a tropikus év E. Reinhold „Porosz Táblázatai” által adott értékeit használta.



1. ábra. A Julián- és Gergely-naptár felgyülemelő hibái. Julius Caesar naptárát XIII. Gergely pápa 1582-ben úgy módosította, hogy tíz napot kihagyott, és megváltoztatta a szökőévek számításának rendjét (A). A gregorián naptárt Észak-Amerikában 1752-ben fogadták el, ekkor már 11 napot kellett elhagyni (B), végül a Szovjetunióban történt bevezetése alkalmával már 13 nap volt az eltérés (C)

ami csak 0,0003 nappal hosszabb a tropikus évnél. A hiba 3323 év alatt tesz ki egy egész napot, így gyakorlatilag olyan jó naptárunk van, hogy az év hosszának további pontosítása érdekében már nem érdemes további naptárreformokkal kísérletezni (1. ábra). A Gergely naptár kezdő-éve egyébként Jézus feltételezett születési éve. Az ettől számított ún. keresztény éra éves bevezetését először még Dionysius Exiguus, a 6. században élt római apát javasolta.

Miután a pápa tisztában volt a visszahúzó erők nagyságával, az új naptár bevezetését valóságos „korteshadjárat” előzte meg. E. Dante például a bolognai Petronius templomban egy gnómont helyezett el, hogy annak segítségével a hagyományos naptár hibás voltát mindenkinek megmutathassa, és így a közhangulatot a naptárreform elfogadására előkészítse. Maga XIII. Gergely minden katolikus uralkodó véleményét kikérte a tervezettel kapcsolatban, s csak egyhangú beleegyezésük után hirdette ki a naptár megreformálását.

Érthető, hogy a Gergely-naptárt a katolikus országok csakhamar elfogadták (Magyarország 1587-ben), a protestáns államok azonban sokáig elvetették. Az angol világbirodalom például csak 1752-ben csatlakozott a naptárreformhoz, s a londoni polgárság egy része még ekkor is zavarásban tört ki azért, hogy 11 napját „ellopták”.

A görögkeleti egyház erős befolyása következtében Oroszországban és több más szláv államban a X. század táján átvett Julián-naptár még hosszabb időn keresztül fennmaradt. (A papság ellenállása a gregorián időszámítási rendszerrel szemben főként azon alapult, hogy eretnekségnek tartották a húsvét új kiszámítási módját.) Ezért az Oroszországban

használt naptár eltérése a Gergely-félétől 1900-ban már 13 napot tett ki. A Nagy Októberi Szocialista Forradalom azután ezen a téren is meghozta a változást. 1918. január 25-én írta alá V. I. Lenin azt a rendeletet, amely szerint abban az évben január 31-e után február 14-ét kell írni, és a továbbiakban — a többi kultúrnéppel való kapcsolat megjavítása érdekében — a Gergely-naptárt kell alkalmazni. Egyébként éppen a rendeletben foglalt 13 napos ugrás miatt esik a Nagy Októberi Szocialista Forradalom évfordulója jelenleg november 7-re. (Itt jegyezzük még meg, hogy a Szovjetunióban a hetek beosztását 1929 és 1940 között három ízben is megváltoztatták, a dátumok érintése nélkül.) Érdekes, hogy Európában utolsóként Törökország vette át a Gergely-naptárt, 1927-ben.

Újabb naptárreformokra tett javaslatok

Bár — mint láttuk — a Gergely-naptár évének átlagos hossza teljesen kielégítő, azért nem mondhatjuk el, hogy jelenlegi időszámítási rendszerünk minden szempontból kifogástalan. Különösen *szabálytalan beosztása* miatt bírálják gyakran. Önmagában már az a tény sem szerencsés, hogy a lényegében luniszoláris időszámítási rendszerbe egy olyan, harmadik egység (a hét) iktatódik, amely nincs összhangban sem a Hold-hónappal, sem a Nap-évvvel. *A kereszténység a hétnapos hetet egyértelműen a zsidó naptárból vette át.* A „Genezis könyvének” tanúsága szerint vallásos jelentősége is a zsidóktól ered. Megalkotóit egyébként a hetes szám misztikus (szerencsés) tulajdonságai mellett valószínűleg az a gyakorlatias szempont vezette, hogy hét nap nagyjából a Hold-hónap negyedét teszi ki.

A Gergely-naptár szerint a hét napjai csak 28 évenként foglalnak el ugyanolyan helyzetet a hónapok napjaihoz viszonyítva. Az eltolódás oka az, hogy az év, valamint a hónapok napjainak száma (február kivételével) nem osztható maradék nélkül héttel. Ezért *a rögzített dátumokra eső ünnepek állandóan vándorolnak a hét napjaihoz képest.* Így az államigazgatási, tudományos vagy kulturális ülésszakok, rendezvények stb. nem bonyolíthatók le az év állandóan erre a célra kijelölt napjain, mivel az esetleg kiválasztott dátumokra előbb-utóbb vasárnap vagy valamilyen más ünnep esne.

Jelenlegi naptárunk hibájául róható fel az a tény is, hogy *a félévek, negyedévek és hónapok hossza ingadozik:* az első félév hossza 181 (szökőévenként 182), a másodiké 184 nap; a negyedévéké 90 (91), 91, 92 és 92 nap. Még kiugróbb a hónapok hosszának változása. Pl. február 11%-kal rövidebb márciusnál, és e hónapok munkanapjainak a száma akár 19%-kal is eltérhet egymástól. Így a negyedévi, illetve félévi statisztikák, havi elszámolások, termelési kimutatások stb. pontos elkészítése felesleges munkatöbblettel jár.

3/a. táblázat

A zsidó és a Gergely-féle naptárak megfeleltetése

A zsidó időszámítás évei	az év száma egy cikluson belül	a gregorián naptár sze- rinti dátum, amelyre a megfelelő zsidó év kezde- te esik
5712	12	1951. X. 1.
5713	13	1952. IX. 20.
5714*	14	1953. IX. 10.
5715	15	1954. IX. 28.
5716	16	1955. IX. 17.
5717*	17	1956. IX. 6.
5718	18	1957. IX. 26.
5719*	19	1958. IX. 15.
5720	1	1959. X. 3.
5721	2	1960. IX. 22.
5722*	3	1961. IX. 11.
5723	4	1962. IX. 29.
5724	5	1963. IX. 19.
5725*	6	1964. IX. 7.
5726	7	1965. IX. 27.
5727*	8	1966. IX. 15.
5728	9	1967. X. 5.
5729	10	1968. IX. 23.
5730*	11	1969. IX. 13.
5731	12	1970. X. 1.
5732	13	1971. IX. 20.
5733*	14	1972. IX. 9.
5734	15	1973. IX. 27.
5735	16	1974. IX. 17.
5736*	17	1975. IX. 6.
5737	18	1976. IX. 25.
5738*	19	1977. IX. 13.
5739	1	1978. X. 2.
5740	2	1979. IX. 22.
5741*	3	1980. IX. 11.
5742	4	1981. IX. 29.
5743	5	1982. IX. 18.
5744*	6	1983. IX. 8.
5745	7	1984. IX. 27.
5746*	8	1985. IX. 16.
5747	9	1986. X. 4.
5748	10	1987. IX. 24.

A zsidó időszámítás évei	az év száma egy cikluson belül	a gregorián naptár sze- rinti dátum, amelyre a megfelelő zsidó év kezde- te esik
5749*	11	1988. IX. 12.
5750	12	1989. IX. 30.
5751	13	1990. IX. 20.
5752*	14	1991. IX. 9.
5753	15	1992. IX. 28.
5754	16	1993. IX. 16.
5755*	17	1994. IX. 6.
5756	18	1995. IX. 25.
5757*	19	1996. IX. 14.
5758	1	1997. X. 2.
5759	2	1998. IX. 21.
5760*	3	1999. IX. 11.
5761	4	2000. IX. 30.

A Julián-dátum

A hiányosság megszüntetése érdekében már igen sok időszámítási rendszert dolgoztak ki. Ezek közül a legradikálisabb — de hétköznapi értelemben több okból sem alkalmazható — a csillagászati megfigyeléseknél használt, ún. *Julián-dátum*. A Julián-dátumot feltüntető táblázatokban a csillagászati évszámítás szerinti —4712. év (= i. e. 4713) első napjának világidőben vett delétől kezdve az adott időpontig eltelt napok számát találjuk. (1982. december 31. kezdetének Julián-dátuma pl. 2445 334,5, amit úgy kell érteni, hogy a Julián-időszámítás kezdő napjának delétől az adott időpontig ennyi középnappal telt el.)

Ez a rendszer még 1582-ből, J. J. Scaligertől származik, de a csillagászati számításokban való használata csak a múlt században, John Herschel hatására terjedt el. A Julián-dátum nagy előnye, hogy alkalmazása esetén bármely két adott időpont között eltelt napok száma egyszerű kivonással adódik, míg a szokványos naptár használatakor a számítás jóval bonyolultabb, hiszen sem az évek, sem a hónapok nem egyforma hosszúak.

Itt említjük meg, hogy különbséget kell tennünk a történelmi és csillagászati évszámítási mód között. A történészek az időszámításunk első évét megelőző évet az időszámításunk kezdete előtti első évnek nevezik,

* A csillag 13 hónapos zsidó szökőévet jelöl. Egy 19 évig tartó cikluson belül a 3., 6., 8., 11., 14., 17. és 19. a meghosszabbított év.

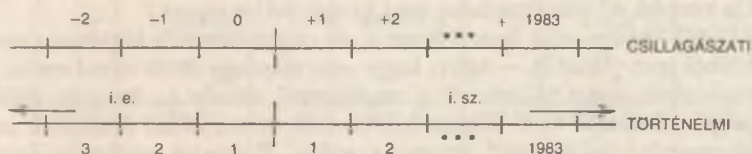
A mohamedán és a Gergely-féle naptárak megfeleltetése

Hidzsra évtől	az év száma egy cikluson belül	a gregorián naptár szerinti dátum, amelyre a megfelelő mohamedán év kezdete esik
1371*	21	1951. X. 2.
1372	22	1952. IX. 21.
1373	23	1953. IX. 10.
1374*	24	1954. VIII. 30.
1375	25	1955. VIII. 20.
1376*	26	1956. VIII. 8.
1377	27	1957. VII. 29.
1378	28	1958. VII. 18.
1379*	29	1959. VII. 7.
1380	30	1960. VII. 26.
1381	1	1961. VI. 15.
1382*	2	1962. VI. 4.
1383	3	1963. V. 25.
1384	4	1964. V. 13.
1385*	5	1965. V. 2.
1386	6	1966. IV. 22.
1387*	7	1967. IV. 11.
1388	8	1968. III. 31.
1389	9	1969. III. 20.
1390*	10	1970. III. 9.
1391	11	1971. II. 27.
1392	12	1972. II. 16.
1393*	13	1973. II. 4.
1394	14	1974. I. 25.
1395	15	1975. I. 14.
1396*	16	1976. I. 3.
1397	17	1976. XII. 23.
1398*	18	1977. XII. 12.
1399	19	1978. XII. 2.
1400	20	1979. XI. 21.
1401*	21	1980. XI. 9.
1402	22	1981. X. 30.
1403	23	1982. X. 19.
1404*	24	1983. X. 8.
1405	25	1984. IX. 27.

* A csillag mohamedán szökőévet jelöl. Az ún. *arab ciklus* szerint minden 2., 5., 7., 10., 13., 16., 18., 21., 24., 26. és 29. év szökőév egy 30 éves perióduson belül.

Hidzsra évetől	az év száma egy cikluson belül	a gregorián naptár szerinti dátum, amelyre a megfelelő mohamedán év kezdete esik
1406*	26	1985. IX. 16.
1407	27	1986. IX. 6.
1408	28	1987. VIII. 26.
1409*	29	1988. VIII. 14.
1410	30	1989. VIII. 4.
1411	1	1990. VII. 24.
1412*	2	1991. VII. 13.
1413	3	1992. VII. 2.
1414	4	1993. VI. 21.
1415*	5	1994. VI. 10.
1416	6	1995. V. 31.
1417*	7	1996. V. 19.
1418	8	1997. V. 9.
1419	9	1998. IV. 28.
1420*	10	1999. IV. 17.
1421	11	2000. IV. 6.

a csillagászok pedig *nulladiknak*. Az ennél régebbi időpontok évszámát a csillagászatban negatív előjellel látják el; ilyen módon két évszám különbsége *valóban* a közben eltelt évek számával egyenlő. A történelmi és a csillagászati évszámálálási eljárás összehasonlítását megkönnyíti a 2. ábrán látható séma.



2. ábra. A csillagászati és a történelmi időszámítás összehasonlítása

Reformjavaslatok a XIX. és XX. századból

A mindennapi életben való használatra kidolgozott naptárreformok közül elsőként Marco Mastrofini 1834-ből származó rendszerét említjük, aki olyan *52 hétből álló 364 + 1 napos év* bevezetését javasolta, melynek utolsó napja „*héten kívül*”. A négyévenként sorra kerülő szökőévekben pedig június végére is beiktatott egy hasonló napot. Könnyű látni, hogy

az ilyen beosztás *öröknaptárt* valósít meg, mely minden évben egyformán érvényes (az esetleges szökőnaptól eltekintve).

1849-ben A. Kont *13 hónapos öröknaptárt* javasolt. Ebben a naptárban minden hónap 28 napos, és így pontosan 4 hétből áll. Ily módon a hét megfelelő napjai minden hónaphoz viszonyítva ugyanúgy helyezkednek el. Mivel eszerint a naptári év 364 napból áll, Kont egy meghatározott periódus szerint pótlólagos „*héten kívüli*” ünnepnapokat iktatott be. Rendszerében tehát megszakad a hetek folyamatossága — ami a katolikus egyház erős kritikáját váltotta ki —, és annak a követelménynek sem tesz eleget, hogy a félévek, illetve negyedévek egész számú hónapokból álljanak.

1888-ban G. Armelin naptárreform-kísérlete vált ismertté, akinek javaslata szerint az évet 12 hónapra és négy 91 napos negyedre kell osztani. Így minden negyedév 13 hetet tartalmaz, következésképpen az év, az évnegyedek, valamint minden hónap első napja mindig a hét azonos napjára esik. Armelin a naptári év hosszát szintén úgy egyezteteti a tropikus évével, hogy *héten kívüli napokat* vezet be. Bár ezt a javaslatot a francia csillagászok szinte egyöntetűen támogatták, bevezetésére sehol sem került sor.

1923. október 14-én a konstantinápolyi pátriárka rendeletére a görög-keleti egyház Jugoszlávia mai területének nagy részén, Romániában, Görögországban és Bulgáriában bevezette a M. Milankovič horvát csillagásztól származó ún. *új Julián-naptárt*. Ebben az időszámítási rendszerben a százzal osztható évszámú éveknél nem a gregorián szökőév-korrekciót alkalmazzák, hanem a következőt: közülük *csak azok maradnak szökőévek, melyeknél az évszám kilencel osztva kettőt vagy hatot ad maradékul*. Egyszerűen kiszámítható, hogy a Milankovič-féle naptár hibája csupán 43 000 évenként tesz ki egy teljes napot!

1947-től kezdve vált ismertté az a — naptárkészítés története szempontjából igen jelentős — tény, hogy már mintegy 2000 évvel ezelőtt is próbálkoztak olyan időszámítási rendszerrel, amely az Armelin-féléhez meglepően hasonló volt. Ekkor bukkantak ui. az ókori Judeából származó *qumráni öröknaptár** írásos nyomára. E szerint a naptár szerint az év 12 hónapból állt. Minden évnegyed első két hónapja 30 napot számított, míg a harmadik 31-et. Az év 52 hetes volt, és az újév mindig szerdán kezdődött. Az ünnepek mindig a hónap és a hét ugyanazon napjára estek. A 364 napból álló évet szintén ciklikusan igazították hozzá a valódi napév hosszához, héten kívüli napok beiktatásával.

* A qumráni tekercsek a híressé vált Holt-tenger parti iratok közül a legértékesebbek. Az időszámítási rendszer leírásán kívül általános betekintést nyújtanak az ókeresztény közösségeknél 100—150 évvel korábban élt — de azokhoz meglepően hasonló vallási és szervezeti elveket elfogadó — alkotóik életvitelére.

A naptár megreformálására vonatkozó próbálkozások továbbra is folytatódnak. Jelenleg a sikerre a legnagyobb esélye az ún. *világnaptár-nak* van (4. táblázat), amelyet 1930-ban Elizabeth Achelis tett közzé, és amely eddig a legtöbb támogatót mondhatja magáénak. A világnaptár az évet szintén *négy azonos hosszúságú, 91 napos negyedre osztja*. Minden negyed 13 hétből, valamint egy 31 és két 30 napos hónapból áll. Az évnegyedek mindig vasárnapkal kezdődnek és szombattal végződnek. A világnaptárban a húsvétvasárnap mindig április 8-ra esne.

Tekintettel arra, hogy a négy évnegyed csak 364 napot tesz ki, a naptárhoz még egy napot kell csatolni. Achelis ezt a napot — amely héten kívüli lenne — *december W-edikének* nevezte el (World-day = világnap).

Achelis rendszerének az alábbiak a legfontosabb előnyei:

- Minden naptári nap dátuma évről évre a hét ugyanazon napjának felel meg.
- Minden hónap 26 munkanapot tartalmaz (a W-napok ünnepnapok).
- Az évnegyedek egymással azonos hosszúságúak.

Következésképp a világnaptár *öröknaptár*: minden évben változtatás nélkül használhatnánk.

Természetesen a világnaptárban is szükség van szökőévekre. Ezek itt is a gregorián rendszert követik — azzal a különbséggel, hogy a szökőnap (miután héten kívüli nap) június végéhez csatolódik.

A világnaptárt már megvitatta az UNESCO, és a legtöbb állam képviselője kedvezően fogadta a tervezetet. Több vallás azonban hevesen ellenzi, főként azért, mert nem tartja meg a hetek folyamatosságát, és megváltoztatja bizonyos egyházi ünnepek (pl. a húsvét*) bekövetkezésének rendjét. Mivel *a naptár újéve mindig vasárnapra esik*, csak olyan évben lehetne rá áttérni, amelyik a jelenlegi naptárunk szerint is vasárnapkal kezdődik (pl. 1984-ben). De a hagyományon alapuló irracionális kifogások valószínűleg még sokáig meg fogják gátolni általános bevezetését.

Bármit is hoz a jövő még a naptárkészítés területén, nem vitás, hogy a gregorián naptár korának kiemelkedő szellemi teljesítménye volt, és a bevezetése óta eltelt évszázadokban alapvetően fontos szerepet játszott a társadalmi élet legkülönbözőbb területein — lehetővé téve az egyéni és kollektív tevékenység magasabb fokú időbeli megszervezését. Méltán emlékezünk XIII. Gergely pápa naptárreformjára több mint 400 év távlatából is.

* Jelenleg a húsvét időpontját a következő *Gauss-féle szabállyal* számítjuk ki: ha N az évszám, s a ennek 19-cel, b a 4-gyel, c a 7-tel, d a $(19a + m)$ -nek 30-cal, e a $(26 + 4c + 6d + n)$ -nek 7-tel való osztásakor fellépő maradékok, akkor a húsvét *március $22 + (d + e)$ -ediké*. A Julián-naptárban $m = 15$, $n = 6$; míg a Gergely-félében a XX. és XXI. században $m = 24$ és $n = 5$.

VLBI-TÉRKÉPEZÉS A RÁDIÓCSILLAGÁSZATBAN

A hosszú bázisvonalú rádiointerferometria (*VLBI = Very Long Baseline Interferometry*) nem is olyan régen még kuriózumnak számított a különböző csillagászati megfigyelési módszerek között. A hetvenes évek végére azonban általánosan használt módszerré vált, és a nyolcvanas évek elején már sok obszervatórium programjában szerepelnek a rendszeres VLBI-megfigyelések. Kialakult az amerikai és az európai VLBI-hálózat, s ezek összekapcsolása (jelenleg kéthónaponként) egy *VLBI-világhálózat* létrehozását teszi lehetővé a rádiócsillagászok számára. A VLBI-technika ma már nem csak a legfejlettebb országok privilégiuma, mert kialakításán dolgoznak például Kínában és Indiában, s Lengyelországban is megkezdték (1981-ben) a VLBI-megfigyeléseket.

A nyolcvanas évek elején bevezetésre került egy új típusú VLBI-jelrögzítő rendszer, az ún. *MARK III VLBI-terminál*, ami több mint ötszörösére növelte az eddigi állomások érzékenységét. A MARK III a csaknem egy évtizede működő (és igen széles körben elterjedt) MARK II VLBI-terminálrendszert fogja felváltani.

A VLBI-módszer jelentősége az állomások számának gyarapodásával természetesen erősen növekszik, mert ezáltal hatványozottan nő a módszer hatékonysága, alkalmazási köre és rugalmassága. A sok állomásos VLBI-megfigyelések azonban újabb problémákat vetnek fel a feldolgozási és kiértékelési technika szempontjából. A feldolgozás ugyanis *bázisvonalanként* történik. A bázisvonalak száma (n_B) azonban az

$$n_B = \frac{n(n-1)}{2}$$

képlet szerint adódik, ahol n az állomások száma. Még egy gyakorlott csoportnak is komoly feladat például egy hétállomásos globális hálózat 21 bázisvonalának kiértékelése!

Természetesen a feldolgozási módszerek sem álltak meg a korábbi szinten. Kiépültek a három-, ötállomásos feldolgozók, *processzorok*. Az ún.

utólagos¹ eldolgozás (post processing) terén pedig magas szintű számítógépi programfejlesztés történt. Ezen a területen a legnagyobb jelentőségű fejlemény talán az ún. *hibrid VLBI-térképezési technika* kifejlesztése volt a hetvenes évek végén. Ez teremtette meg a lehetőségét a szintézis-rádióteleszkópokkal nyerhető jó minőségű rádiótérképekhez hasonló, nagy felbontású, háromdimenziós (két pozíció- és egy intenzitásadatot tartalmazó) VLBI-térképek elkészítésének.

Bár korábban is voltak módszerek a rádióforrások VLBI-szerkezetének meghatározására, ezek bonyolultabb struktúrák esetén felmondták a szolgálatot, s alkalmazásuk sok bázisvonal esetén rendkívül nehézkessé vált.

A VLBI elvi alapjaival, történetével és néhány eredményével az 1974. évi Csillagászati Évkönyvben már foglalkoztunk. Jelen cikkünkben az azóta bekövetkezett jelentősebb fejleményeket ismertetjük, és közlünk néhány érdekes alkalmazást — különös tekintettel az SS 433-as objektumra.

VLBI-hálózatok

Jelenleg két VLBI-hálózat működik a Földön, és végez rendszeres észleléseket: az amerikai és az európai. A világ más részein működő, illetve nem a hálózatokhoz tartozó teleszkópok is bekapcsolódhatnak azonban egyes megfigyelési kampányokba. (Megjegyezzük, hogy a hálózatokat hagyományos rádiócsillagászati obszervatóriumok képezik, melyek észlelési idejük meghatározott részét közös megállapodás szerint VLBI-megfigyelésekre fordítják.)

1981-ben mindkét hálózat kéthavonta végzett megfigyelési kampányokat egy-egy hét időtartammal. A hálózatok vezetősége rendszeres konzultációt és programegyeztetést tart, így sikerült sok megfigyelési tényezőt (pl. a frekvenciákat, a terminál- és szalagtípusokat stb.) egységesíteni.

Az amerikai VLBI-hálózat

listáján kilenc állomás szerepel, de ténylegesen ezek közül kb. öt-hat állomás szokott részt venni az egyes programokban. Legjelentősebbek az NRAO (Nemzeti Rádiócsillagászati Obszervatórium) 43 m-es, a Haystack Obszervatórium 50 m-es, az Owens Valley Rádió Obszervatórium 40 m-es antennákkal és a 25 m-es antennákból álló VLA-antennasorozat. A NASA űrszondákat követő „Deep Space Network”-je (64 m-es antennák) idejének 5%-ával tud bekapcsolódni a rádiócsillagászati észlelésekbe.

Amerikában három központ is kialakult, ahol feldolgozásokat végeznek. Ilyen a Jet Propulsion Laboratórium Kaliforniában, az NRAO Nyugat-Virginiában és a Haystack Observatórium Massachusettsben. Ezeken a helyeken jelentős fejlesztőmunka is folyik. A MARK III VLBI-terminálrendszert például a Haystack Observatóriumban fejlesztették ki, az NRAO-val és a NASA-val együttműködésben. A JPL-nél pedig egy ötállomásos MARK II VLBI-feldolgozó működik.



1. ábra. Az európai VLBI-hálózat állomásai

Az európai VLBI-hálózat

négy állomásból áll (1. ábra). Ezek: Dwingeloo vagy Westerbork (Hollandia), Effelsberg (NSZK), Jodrell Bank (Anglia), Onsala (Svédország). A hálózat főbb paramétereit az 1. táblázat tartalmazza. A hálózat leg-



2. ábra. Háromállomásos VLBI-processzor a bonni Max Planck Rádiócsillagászati Intézetben. Balra különböző típusú képmagnók láthatók, amelyeken a beérkező mágnesszalagokat „összejuttatják”. Jobbra a processzor (feldolgozó), amely kiszámítja a bejövő adatok korrelációját, majd további feldolgozás céljából ezeket mágnesszalagra rögzíti

jobb felbontóképessége a 6 cm-es hullámhosszon 12 mas (milli arc second — ezred ívmásodperc), ezért elsősorban 20—200 mas kiterjedésű struktúrák vizsgálatára alkalmas.

Az európai VLBI-tevékenység központja a bonni Max Planck Rádiócsillagászati Intézet (NSZK). Itt működik egy háromállomásos VLBI-feldolgozó (2. ábra). Kampanyok után ide gyűjtik össze a mágnesszalagokat. A szalagok pusztán „egybejuttatása”, ún. korrelációja a négyállomásos észlelésnél is a tényleges megfigyelési idő háromszorosát veszi igénybe, ennél több állomás esetén pedig a bázisvonalak számának arányában még többet. Ezért a számítógép-időért nagy harc folyik, és a berendezés sokszor már két-három hónapra előre foglalt.

Az európai VLBI-hálózat

bázisvonal	ekvivalens kitöltött antenna- átmérő [m]	bázisvonal hossz [km]	felbontóképesség [mas]		
			$\lambda = 6$ cm	$\lambda = 18$ cm	$\lambda = 21$ cm
Effelsberg—Westerbork	134	266	46	140	162
Effelsberg—Jodrell Bank	125	700	17	53	62
Effelsberg—Onsala	103	831	15	44	52
Westerbork—Onsala	94	601	20	62	72
Westerbork—Jodrell	118	600	20	62	72
Jodrell Bank—Onsala	80	1011	12	36	43

A hibrid térképezési technika

Az interferometer kimenetén megjelenő interferenciaképet a következő intenzitás—idő függvény írja le:

$$R(t) = A \cos (2\pi B \cdot s(t) + \Phi)$$

ahol A az amplitúdó, amely arányos a sugárzási intenzitással és Φ a fázis. $B \cdot s(t)$ a bázisvonal-vektor és a forrásirány-vektor skaláris szorzata, tehát ez a tag hordozza az irányra vonatkozó információt. Szerkezettel rendelkező forrás esetén A is, Φ is változik az interferométer óraszögének és a forrás szerkezetének függvényében.

A szerkezet feltérképezése elvileg az $R(t)$ függvény Fourier-transzformálásával érhető el. Ez azonban akadályokba ütközik. Ilyen például, hogy a fázis nem határozható meg a rádióvevőkbe épített független oszcillátorok instabilitásai, valamint a távoli antennáknál fellépő eltérő légköri hatások miatt. Bár konstruálhatók olyan modellek, amelyek Fourier-transzformáltja illeszkedik a ténylegesen észlelt amplitúdókhoz, a fázisinformáció hiányában azonban többértelműségek lépnek fel: az amplitúdóadatokból konstruált rádióképek például a szerkezeti elemek számának bizonytalansága mellett még 180 fokos irány-bizonytalansággal is rendelkeznek.

Ha a rádióforrás két vagy három (pontoszerű) Gauss-komponensből áll, ez a nehézség még viszonylag könnyen áthidalható, ha azonban kiterjedt, bonyolult szerkezettel állunk szemben, rendkívül nehéz feladat pusztán az amplitúdóadatokból rekonstruálni a képet. Az ilyen jellegű térképezést *modellillesztéses eljárásnak* nevezzük.

Igen jelentős fejlemény volt a VLBI-adatok felhasználásában a *hibrid térképezési technika* kifejlesztése. A módszert 1978-ban A. C. S. Readhead

és P. N. Wilkinson publikálta, és ma már többféle, részben továbbfejlesztett változata ismert. A módszer három- vagy többállomásos VLBI-adatokból közelítéses (iteratív) úton hoz létre rádióképeket.

Az eljárás azon a tényen alapul, hogy három állomás esetén az ún. „záró fázis” *tényleges* fázisinformációval szolgál. Tekintsük az i . és j . állomás között észlelt fázist:

$$\Phi_{ij} = \Psi_{ij} + \Theta_{ij}$$

ahol Ψ_{ij} a *valódi* fázisérték, Θ_{ij} pedig a kölcsönös terjedési bizonytalanságokból és egyéb instabilitásokból eredő *zavar*. Ha Φ_{ij} -t egy zárt hurok mentén (i, j, k állomások) összegezzük, a „záró fázis”:

$$C_{ijk} = \Phi_{ij} + \Phi_{jk} - \Phi_{ik} \cong \Psi_{ij} + \Psi_{jk} - \Psi_{ik}$$

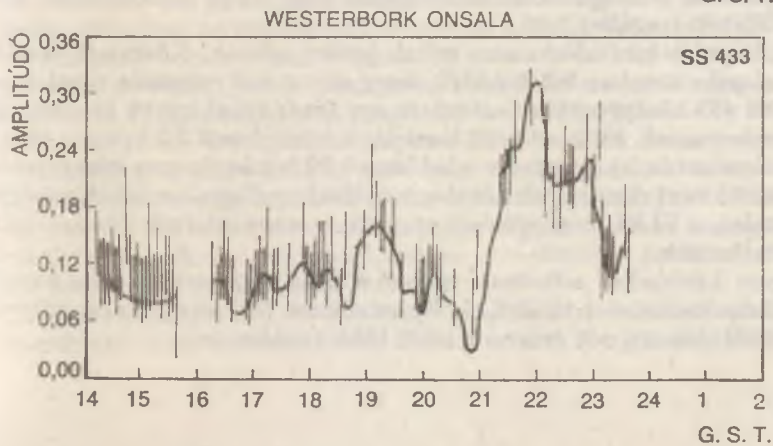
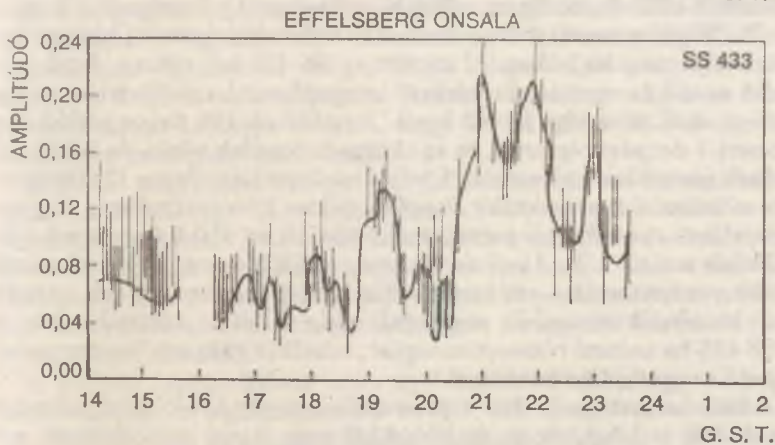
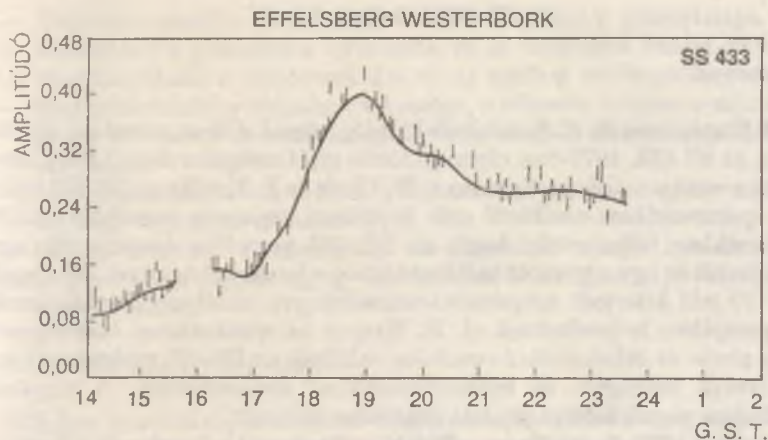
a *valódi* fázisértékek összege, amiből kiestek a külső effektusokból eredő tagok.

Minden záró fázisadat tehát ugyanannyi információt hordoz a forrás szerkezetéről, mint az egyes amplitúdóadatok, *számuk azonban kevesebb*. Ezen úgy segítenek, hogy a hiányzó fázisadatokat a forrás egy *előzetesen becsült modelljéből* számítják, s ezáltal a mért és a számított adatok *együttesen* kerülnek Fourier-transzformációra (ezért hibrid a módszer). Ekkor áll elő az ún. „*piszkos térkép*”, amely még tartalmazza a modellből származó fázisadatok hibáit és az állomások geometriai elhelyezkedéséből adódó „*teleszkópnyaláb*” hatását.

Ezután következik a „*tisztítási eljárás*”, amely azt a tényt használja ki, hogy a forrás *véges* kiterjedésű és a valóságban *negatív intenzitású sugárzás* nem létezik. Ahol a piszkos térképen a feldolgozóprogram ilyet talál, ott nullának tekinti az intenzitást. Ezután a piszkos térképből kiküszöböli az antennanyaláb hatását. Az így nyert „*tiszta térkép*” kerül most már a forrás új modelljeként felhasználásra a következő közelítésben. A konvergencia általában elég gyors, és három-öt számítási ciklust követően a rádiókép stabilizálódik. (Ritkábban előfordulhat, hogy az eljárás nem vezet eredményre, ilyenkor ajánlatos a kezdeti modellen változtatni!)

A hibrid térképezés programja bonyolult, és meglehetősen nagy számítógép-kapacitást köt le, ezért ma még csak a nagyobb VLBI-központokban alkalmazzák.

3. ábra. Példa az SS 433 „*valódi láthatósági görbéjére*” — ami nem más, mint az amplitúdó az idő függvényében, három különböző bázisvonalon. Az észlelési adatokhoz illeszkedő folytonos vonal a felállított modell láthatósági görbéje hibrid térképezés alapján



Előzmények

C. B. Stephenson és N. Sanduleak katalógusának 433-as sorszámú objektuma az SS 433. 1978-ban olyan különös sajátosságaira derült fény, ami méltán vonta magára a figyelmet. D. Clark és P. Murdin az SS 433 optikai spektrumában *rendkívül erős és változó emissziós vonalakat* talált. Ugyanakkor felismerték, hogy az SS 433 pozíciója megegyezik egy *rádióforrás* és egy ugyanott található *röntgenforrás* helyzetével. Mindezek a W 50 jelű kiterjedt szupernóva-maradványra emlékeztető rádióforrás központjában helyezkednek el. B. Margon és munkatársai *különlegesen nagy vörös- és kékeltolódású vonalakat* találtak az SS 433 spektrumában, amelyeket hidrogén- és héliumvonalakkal azonosítottak. A vonalak eltolódása napok leforgása alatt drámaian változik.

Ennek a különös, eddig egyedülálló csillagászati jelenségnek a leírását egy (M. Milgrom izraeli csillagász által 1979-ben kidolgozott) *kinematikus modell* adja meg legjobban. E szerint az SS 433-ból *vékony, kettős gáznyaláb nyúlik ki* egymással ellenkező irányokban. A nyalábokban mozgó gázcsepecskék sebessége 80 000 km/s. A nyalábok 164 napos periódussal *precessziós mozgást* végeznek, és ez okozza a vonalak vörös- és kékeltolódásának periodikus változását. A teljes rendszer látszólagos 12 000 km/s-os távolodása a *transzverzális Doppler-effektus* következménye. Milgrom kinematikus modelljének paramétereit később az újabb spektroszkópiai észlelések során G. P. Abell és Margon, majd Margon és munkatársai tovább pontosították — néhány fontos kérdés azonban nyitva maradt:

- A kinematikus modell megengedi akár a kifelé történő, akár az SS 433-ba zuhanó részecskemozgást; mindkét változat összeegyeztethető az optikai észlelésekkel.
- A kinematikus modellben a precessziós tengely *térbeli* elhelyezkedése többféle is lehet, és az észlelésekből még látszó pozíciószögét sem lehetett megállapítani.
- A *nyaláb kiterjedésére* sem voltak pontos adatok. Közvetett érvelés alapján azonban feltételezték, hogy az optikai emissziós vonalak az SS 433 középpontjától számított egy fénynapnál kisebb távolságból származnak. Ez (az SS 433 kezdetben feltételezett 3,5 kpc-nyi távolsága esetén is) a centrum mindössze 0,02 ívmásodperces környezetén belül van! A nyalábok tényleges optikai megfigyelése tehát reménytelen, a VLBI-megfigyelések azonban hasznos információkat szolgáltathatnak.

Milyen kérdésekre adhatnak választ a rádiómegfigyelések? Ha sikerül részletes szerkezetet találni, elvileg mindenre, ami az optikai megfigyelésekből elérhető, sőt még azon kívül több kérdésre is:

- Meghatározható a rádiónyalábok háromdimenziós geometriája.
 - Feloldható a precessziós nyílásszög és az inklináció kétértelműsége.
 - Megállapítható a rádióstruktúra és az optikai szerkezet kapcsolata.
 - Meghatározható a nyalábok sebessége, a sebesség iránya; a sajátmozgások méréséből és a sebességből pedig megállapítható az objektum távolsága.
 - Izgalmas lenne tudni, milyen a kibocsátás formája: folytonos, diszkrét vagy egyszerre mindkettő?
 - Milyen mértékű a szimmetria az ellentétes irányú nyalábokban?
- Ezek a kérdések egytől egyig fontosak az SS 433-ban zajló folyamatok megértéséhez.

Az SS 433 VLBI-megfigyelései

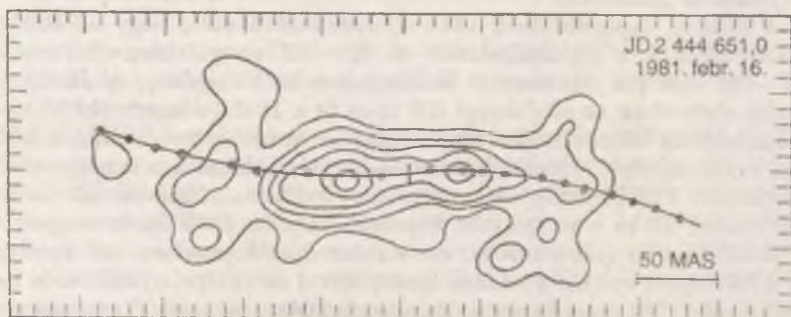
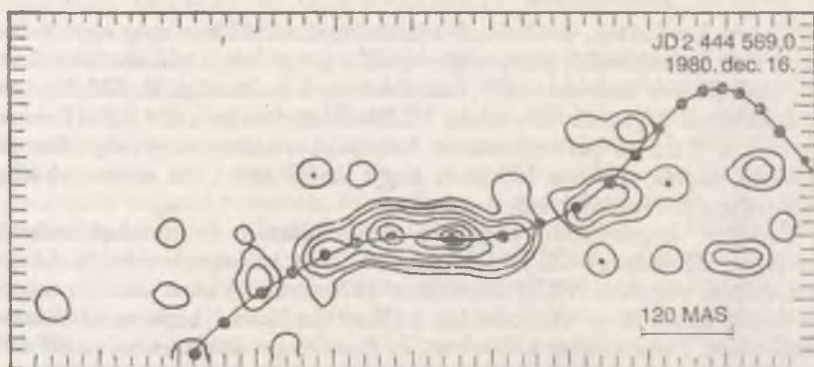
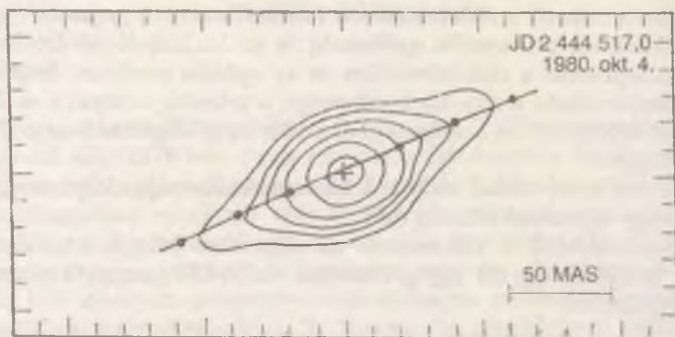
1979-ben kezdődtek, különböző bázishosszakon. Ekkor még egyáltalán nem volt nyilvánvaló, hogy sugároznak-e a nyalábok rádióhullámokat. Az első sikeres észlelést 1979 márciusában a hollandiai R. Schilizzi és munkatársai végezték az európai VLBI-hálózattal és a MARK II rendszerrel, a 6 cm-es hullámhosszon. Részleteket ekkor még nem sikerült feltárni, annyi azonban kiderült, hogy az SS 433 a 10 mas-os skálán *valamilyen szerkezettel* rendelkezik.

Érdekes megemlíteni, hogy B. Geldzahlernek és munkatársainak (akik az Effelsberg—Haystack—Green Bank interkontinentális bázison vonalakon végeztek VLBI-méréseket 1979 nyarán) nem sikerült interferenciát kapniuk — valószínűleg a túlzottan hosszú bázisvonal választása miatt. Felbontásuk 2 mas volt, és *ilyen finom struktúrával az SS 433 már nem rendelkezik*. Az interferenciaképet a nagyobb szerkezeti elemek egyszerűen „kimosták”.

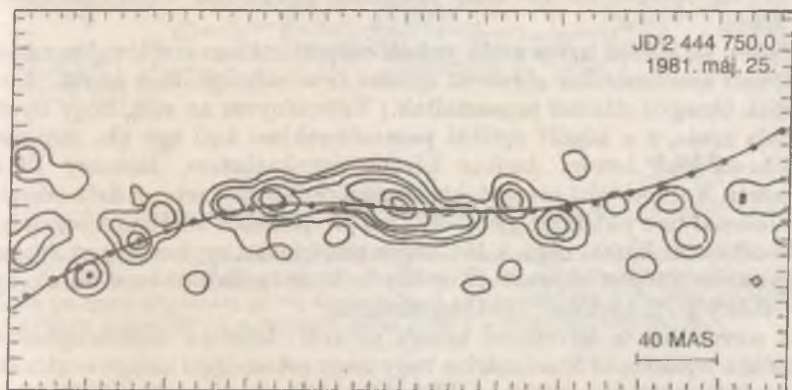
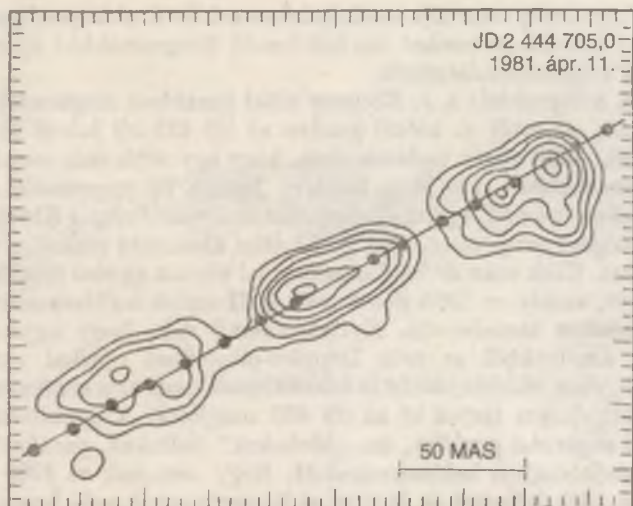
A kezdeti tapogatózások után nyilvánvalóvá vált, hogy az európai VLBI-hálózat a legalkalmasabb az SS 433 vizsgálatára. Felbontása 12—160 mas (az alkalmazott hullámhosszaktól függően), érzékenysége pedig elsősorban az effelsbergi 100 m-es és a 13 db westerborki 25 m-es teleszkópnak köszönhetően meghaladja az amerikai kontinentális hálózat érzékenységét. Ennek felismerése után Schilizzi kezdeményezésére rendszeres VLBI-megfigyelési programot indítottak 1980-ban az európai hálózattal. Ebbe a programba kapcsolódtam be 1980 őszén magam is.

Kezdetben az volt a kérdés: *van-e valamilyen kapcsolat a rádiószerkezet és a feltételezett optikai nyalábok között?* Mivel az optikai nyalábok (a modell szerint) 164 napos precessziós mozgást végeznek, ennek a mozgásnak tükröződnie kellene a rádiószerkezetben is — hiszen a nyalábok iránya két hónap alatt jelentősen megváltozik.

A fenti kérdésre az 1980 januári és júniusi 6 cm-es észlelések összehasonlítása határozottan *pozitív* választ adott. A rádióstruktúra egy



4. ábra. Az SS 433 nagyfelbontású hibrid térképeinek sorozata 1980 októbertől 1981 májusig. A megfigyeléseket az európai VLBI-hálózattal Schilizzi, Romney, Miley, Fejes, Spencer, Johnston végezték. Az októberi, áprilisi, májusi észlelések a 6 cm-es hullámhosszon, a decemberi a 21 cm-es, a februári a 18 cm-es



hullámhosszon történt. Jól megfigyelhető az SS 433-nyalábok irányának változása és szerkezetük görbülése a precesszió következtében. A pontozott folytonos vonal az optikai modellből előrejelzett pozíciókat ábrázolja

tömör, felbontatlan és egy vagy több lineárisan elnyúlt komponensből állt. Az elnyúlt komponensek pozíciósöge ráadásul nagyjából megegyezett az optikai kinematikus modellből számítottal. Ezekből a rádióészlelésekből már meg lehetett állapítani, hogy a precessziós szög 20° , s hogy a tengely hajlássöge 80° a látóirányhoz képest. Meg kell jegyezni azonban, hogy ebben az időben a Max Planck Intézetben (ahol a feldolgozás és az

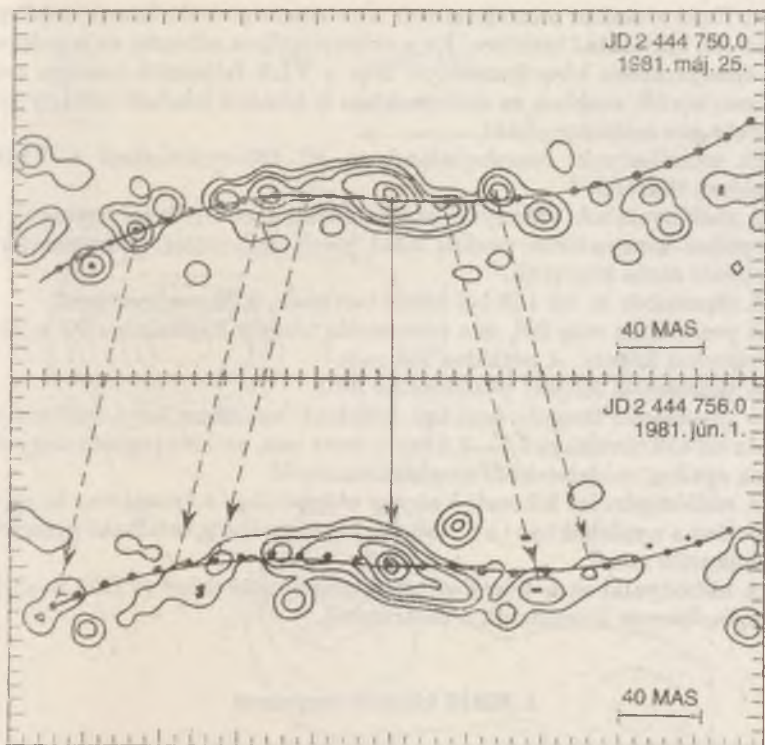
értékelés folyt) még nem állt rendelkezésre a hibrid térképező program, így a fenti következtetéseket modellillesztő programokkal nyerték — pusztán az amplitúdóadatokból.

1981-ben befejeződött a J. Romney által korábban megkezdett programfejlesztés, és ettől az időtől kezdve az SS 433-ról *hibrid térképeket* készítettünk. 1980 végén tudatosodott, hogy egy több száz *mas* kiterjedésű „látómezőben” már nem lineáris, hanem (a precessziós mozgás következtében) *görbült nyalábstruktúrákat* kell észlelnünk! Kidolgoztam egy számítógépi programot, ami grafikusan ábrázolta ezeket a modellstruktúrákat. Ezek után érthető izgalommal vártuk az első hibrid térkép eredményeit, amely az 1980 decemberi, a 21 cm-es hullámhosszon végzett észleléseket tartalmazta. Nyilvánvalóvá vált, hogy ugyanazok a nyalábok, amelyekből az erős Doppler-eltolódású optikai vonalakat észlelték, egyben *rádiósugárzást is kibocsátanak*, csak ez a sugárzás sokkal nagyobb távolságra terjed ki az SS 433 magjától. A nyalábokban jól elkülönülő sugárzási góccokat, ún. „blobokat” (foltokat, pacákat) észleltünk. A későbbiekben bebizonyosodott, hogy nemcsak az 1980 decemberi, de az 1981 februári és áprilisi rádiószerkezet is erős hasonlóságot mutat az optikai modell által megjósolt geometriai elhelyezkedéssel (4. ábra).

Ebben az időben heves viták voltak csoportunkban arról, vajon *van-e észlelhető szisztematikus eltérés az optikai és a rádiónyalábok között*. (Korábban ötnapos eltérést tapasztaltak.) Véleményem az volt, hogy ilyen eltérés *nincs*, s a közölt optikai paraméterekben kell egy kb. ötnapos *epocha-hibának* lennie. Amikor később munkatársam, Romney 1981 tavaszán Kaliforniába utazott, ott tisztázódott a helyzet: az Astrophysical Journal-ban publikált „javított” kezdő epochába valóban *típozási hiba* csúszott: 10 000 nap. A 164 napos periódussal egybevetve ez éppen négynapos eltérést okozott ($6 \times 164 = 10\,004$). Sajnos ez a hiba még jó néhány publikációban továbbgyűrűzött.

A sorrendben a következő kérdés az volt: *lehetne-e sajátmozgásokat észlelni a nyalábban?* Stacionárius vagy nagy sebességgel mozgó sugárzási góccokat figyeltünk meg? Ha e „blobok” valóban a fénysebesség negyedrésszével mozognak, úgy a *relativisztikus hatásokat* is észlelnünk kellene! Erre azonban a kéthavonta időzített megfigyelések már nem voltak alkalmasak. Két hónap alatt ugyanis a kilökött részecskék már 500 *mas* távolságra távolodtak a centrumtól, ami túl volt látóterünkön. A kéthavonta készített térképeken tehát közös, egymást átfedő részleteket már nem találhattunk.

Ezért 1981 május végén egy héten belül két VLBI-megfigyelést végeztünk az európai hálózattal a 6 cm-es hullámhosszon. Az időpont nem volt ugyan a legalkalmasabb, mert az SS 433 intenzitása éppen minimum körül mozgott, s a nyalábok pozíciója sem volt a legelőnyösebb. Ennek



5. ábra. Változás az SS 433 szerkezetében hat nap alatt. Az európai VLBI-hálózattal, hat nap különbséggel végzett észlelésekből készült hibrid térképeken követhetők az egyes sugárzási gócok elmozdulásai. Ez megerősíti a korábbi megállapítást, hogy a nyalámban a sugárzó gócok $0,26\text{ c}$ sebességgel mozognak.

dacára rendkívül érdekes eredményeket kaptunk: az SS 433 alakja már hat nap alatt is jól észrevehetően megváltozott. A nyalábok több mint 160 mas távolságra terjedtek ki. A május 25-én észlelt gócok június 1-re jelentősen gyengültek, de valóban $0,26\text{ c}$ sebességnek megfelelő sajátmozgást végeztek (5. ábra). A centrumban (30 mas -on belül) ugyanakkor a modelltől lényegesen eltérő jelenségeket tapasztaltunk, amelyek magyarázata ma még nem ismert.

Az európai hálózattal végzett észlelések látótere — mint említettük — néhány száz mas -ra terjed ki. Innen az amerikai VLA vette fel a fonalat, s kb. 3000 mas kiterjedésig tudta követni az SS 433 nyalábjainak szerke-

zetét. Ezen a skálán a szerkezet már nem *simán görbült, hanem dugóhúzó alakot ölt*, hurkokkal tarkítva. Ez a relativisztikus sebesség és a geometriai elhelyezkedés következménye. Bár a VLA felbontóképessége csak 500 mas körüli, ezekben az észlelésekben is követni lehetett néhány igen intenzív góc sajátmozgását!

Mit mondhatunk összefoglalásul az SS 433-nyalábokról a VLBI-észlelések tükrében?

- A rádiónyalábok vékonyak, struktúrájuk görbült, és jól egyeznek az optikai kinematikus modell által jósolt helyzettel: szisztematikus eltérés nincs közöttük.
- A részecskék az SS 433-ból kifelé tartanak, 0,26 c sebességgel.
- A precessziós szög 20° , és a precessziós tengely hajlásszöge 80° a látóirányhoz képest. A periódus 164 nap.
- A precessziós tengely pozíciószöge 98° .
- A precessziós tengely hozzánk közelebb eső része kelet felé mutat.
- Az SS 433 távolsága 4,5—5,5 kpc között van, ami lényegesen nagyobb az optikai módszerekből meghatározottnál.
- A rádiósugárzást kibocsátó anyag utánpótlása folyamatos, de egyenetlen a nyalábokban: a „blobok” között mindig található gyengébb emissziós mező.
- A rádiónyalábok a jelenlegi teleszkóprendszerekkel (VLA) 2—3 ívmásodpercre követhetők a centrumtól.

A 3C216 különös centruma

A 3C216 jelű, Cambridge-ben katalogizált rádióforrást Smith és Spinrad 1980-ban egy *kvazárral* azonosította, melynek vöröseltolódása 0,668. Egyéb tulajdonságaiban azonban *BL Lac objektumnak* tűnik ez az égitest. Optikai változó, sugárzása például nagymértékben polarizált, emissziós vonalai pedig gyengék. Spektruma 1 GHz alatt meredek, de 5 GHz felett ellaposodik, ami egy tömör, kompakt rádiókomponens jelenlétére utal.

Rádiószerkezetéről eddig nagyon keveset tudtunk. Jenkins 1977-ben az 5 km-es Cambridge-rádióteleszkóppal *kettősnek találta a 3C216 szerkezetét*, amely 62° -os pozíciószögben elnyúlt. Átmérője 1 ívmásodperc körüli érték. Schilizzi később a VLA-val észlelve megerősítette Jenkins megállapításait. Többet árultak el az eddig nem publikált, a 18 cm-es hullámhosszon végzett *MTRLI-észlelések* (a *Multiple Telescope Radio Link Interferometer* egy Jodrell Bankben kiépített rendszer).^{*} Ezek szerint a 3C216 három komponensből áll. A tömör cent-

^{*} Az MTRLI-t újabban MERLIN-nek nevezik.

3 C 216

1660 MHz

1"



Mag:	3,8 mas	Pozíciósög=160°	Intenzitás=0,6 Jy
„Jet”:	150,0 mas	Pozíciósög=142°	Intenzitás=0,3 Jy
Külső szerkezet:	780,0 mas	Pozíciósög=40°	Intenzitás=3,5 Jy
Külső szerkezet:	920,0 mas	Pozíciósög=112°	Intenzitás=3,5 Jy

6. ábra. A 3C216-os rádióforrás szerkezete. A kiterjedt szerkezetet a MTRLI-vel angol rádiócsillagászok térképezték fel. A magot az európai VLBI-hálózattal Porcas, Paulinyi Tóth és Fejes észlelték. Hibrid térképezéssel egy, a magból kinyúló görbült „jet”-et találtak, amelynek kezdeti pozíciósöge csaknem merőleges a külső struktúra irányára

rumtól 690 *mas*-ra, 47°-os pozíciósögben egy *erősebb*, s ellenkező irányban, 910 *mas* távolságban, —115°-os pozíciósögben (kissé nyugatabbra) egy *gyengébb* komponens figyelhető meg. A külső komponensek tehát nem átellenes irányban helyezkednek el, hanem *távolságban és irányban is kissé aszimmetrikusak a központi komponenshez képest*.

Milyen lehet a középső forrás? Abban eddig semmiféle struktúrát nem sikerült feltárni. A kérdés vizsgálatára 1981 februárjában a 18 cm-es hullámhosszon R. Porcas és I. Paulinyi Tóth VLBI-észleléseket végeztek az európai hálózattal, amelyhez még a Green Bank-i 43 m-es teleszkóp is csatlakozott. Ezekbe a vizsgálatokba magam is bekapcsolódtam.

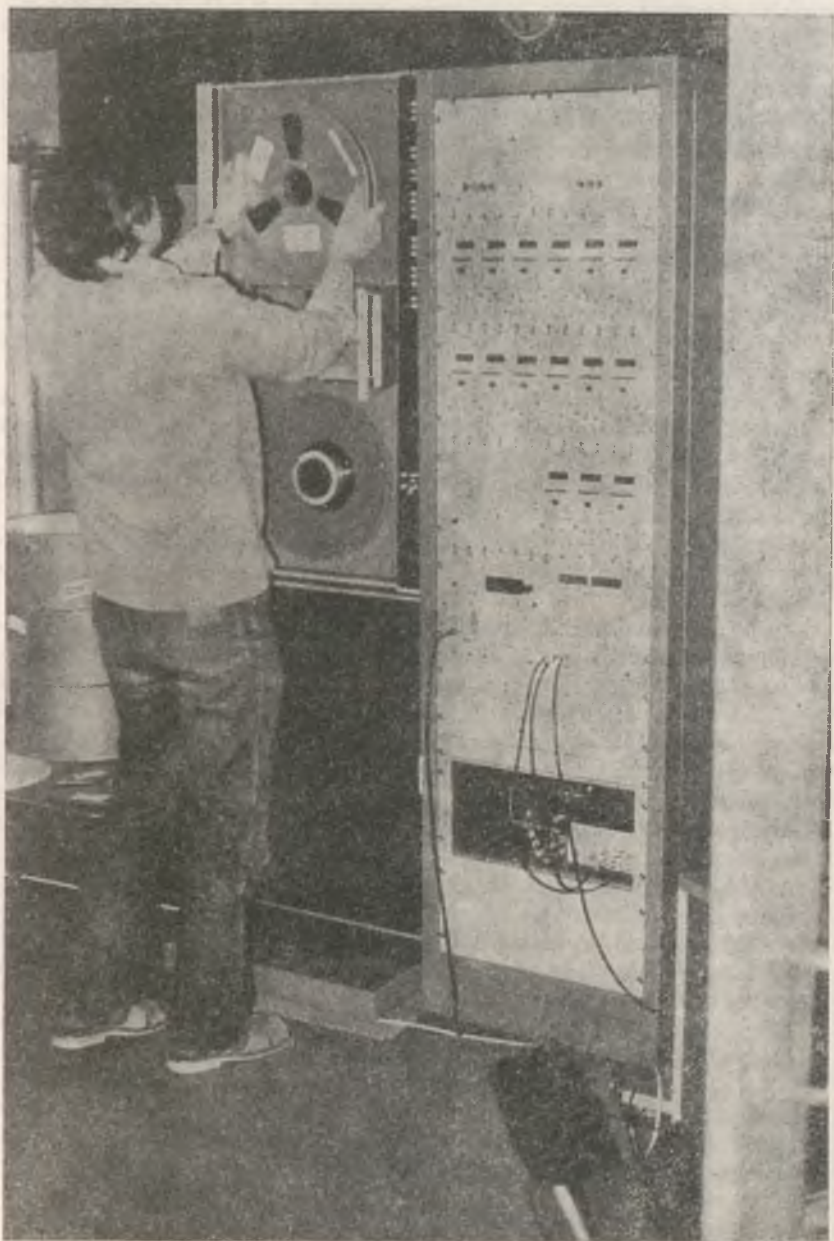
A hibrid térképeken kibontakozó szerkezet merőben meglepő volt. A középső forrás belsejében valóban találtunk egy *központi kompakt magot*, amelyet még az Effelsberg—Green Bank interkontinentális bázison sem sikerült felbontani. (A felbontási határ 5 *mas* volt.) Az európai VLBI-hálózattal azonban egy nyúlványt („jet”) találtunk, ami a tömör kompakt forrásból indult ki, 142°-os pozíciósögben. A nyúlvány hossza kb. 145 *mas*, s a végén hirtelen felerősödik, és csaknem derékszögben megtörik, mint egy golfütő. Ezután —136°-os pozíciósögben követhető röviden (6. ábra). A meglepő a dologban az, hogy a „jet” kezdőiránya csaknem *merőleges* a külső szerkezet főirányára, mégis a törést követően (145 *mas*-ra) hirtelen beáll a főirányba, végével közel a déli, gyengébb intenzitású külső komponens felé mutatva. Az északi, erősebb külső komponens irányában a magból semmilyen nyúlványt nem találtunk.

A 3C216 tehát érdekes példája *a mag nem szimmetrikusak aktivitásának*. Feltehető, hogy a déli komponens a fiatalabb, amelynek még jelenleg is megvan a kapcsolata a központi maggal. Izgalmas kérdés marad azonban, hogy mi okozhatja a nyúlvány hirtelen irányváltását, és hogy a vékony rádiónyúlvány kezdeti iránya miért különbözik merőben a külső szerkezet irányától.

A közeljövő tervei

Mint az előző példából láthattuk, a VLBI-hálózatok és a megfigyelések hibrid térképezése ezred ívmásodperc (*mas*) felbontású rádióképek készítését teszi lehetővé. Ezek azonban rendkívül munkaigényesek a jelenlegi helyzetben: magas színvonalú szervezést kívánnak, és sok teleszkópидót kötnek le, ami fájdalmasan érinti az obszervatóriumok más irányú

7. ábra. A MARK III VLBI-terminál a bonni Max Planck Rádiócsillagászati Intézetben. Bal oldalt a szalagegység, jobbra pedig a vezérlőegység



programjait. A gyakori programváltások miatt (az egész vevőrendszert át kell kötni) gyakoriak a hibák, teleszkóp kiesések. A jelenlegi rendszerek érzékenysége is hagy még némi kívánnivalót maga után. Feltétlenül fejlettebb színvonalat képviselnének a kifejezetten VLBI-célra kialakított teleszkóp hálózatok. Erre dolgoztak ki terveket a JPL-ben és az NRAO-ban.

A tervek szerint egy tíz antennából álló VLBI-antennasorozatot hoznának létre, amely Spanyolországtól a Hawaii-szigetekig terjedne, mintegy 10 000 km-es bázisvonallal. A minimális észlelési hullámhossz kb. 1 cm, a rendszer felbontóképessége 0,5—1 mas lenne. Az antennák mérete 25 m-es paraboloid — hasonló, mint amit a VLA-ba építettek be. A vevőket hűtött, kis zajú erősítőkből tervezik az 1, 3, 2, 6, 18 és 21 cm-es hullámhosszakra.

A jelrögzítők a jelenleg legfejlettebb MARK III VLBI-terminálok lennének, amelyek speciális esetben 112 MHz-es sáv szélességben képesek rögzítésre. (A jelenleg elterjedt terminál, a MARK II, 2 MHz sáv szélességű.) Ezzel a rendszerrel néhány mJy* érzékenység érhető el, ami közel egy nagyságrenddel jobb az eddiginél.

Kétségtelen, hogy egy ilyen VLBI-hálózat működése jelentős mértékben előrevinné a kutatást. A megvalósítás kérdésében azonban még nem született döntés.

Addig is számolhatunk azonban a jelenleg működő hálózatok fejlődésével. Igen jelentős a MARK III VLBI-terminálrendszer belépése. Az első észleléseket 1980-ban végezték Európában, s 1981/82-ben már legalább három állomáson működik ilyen berendezés. A MARK III-nál — mint említettük — ötszörös érzékenységnövekedést érték el a MARK II-vel szemben. Ezt az adatrögzítés sáv szélességének több mint huszonötszörös növelésével érték el. A mágnesszalagegység 28 sávós rögzítőfejjel rendelkezik, és egyenként 2 MHz-es, vagyis jelenleg összesen 56 MHz-es sáv szélességben rögzít.

A MARK III rendszer egyik gyenge pontja az elképesztően nagy mágnesszalag-felhasználás. A szalagsebesség 338 cm/s, és ezért egy tekercs (kb. 2900 m-es) szalag két perc alatt megtelik! Mázsaszámra kell tehát a szalagokat egy-egy észlelési periódushoz előkészíteni, nem is beszélve továbbításukról.

Ezért kísérleteket folytatnak újabb rögzítőfejekkel és szalagokkal az írás-sűrűség növelése céljából. Rövidesen megvalósítják a 112 sávós rögzítést. Ezáltal egy szalagon négyszer több információ rögzíthető, vagyis a szalag-felhasználás negyedére fog csökkenni. A távolabbi lehetőségek közé tartozik a rögzítési sávok szélességének további csökkentése, valamint a szalagvastagság csökkentése. Ezáltal az információsűrűséget a jelenlegi

* 1 Jy (jansky) = 10^{-26} W m⁻² Hz⁻¹

130 000 bit/cm²-ről 2,6 millió bit/cm²-re lehet növelni. Térfogati értékre átszámítva, ez 10¹⁰ bit/cm³-t jelent!

MARK III feldolgozó központ Európában a bonni Max Planck Intézetben működik (7. ábra). A feldolgozó modulrendszerű, és végső kiépítésben nyolc állomás anyagának egyidejű feldolgozására lesz alkalmas.

A technikai színvonal és a feldolgozó programok fejlődése mellett az állomások száma is tovább növekszik — ha kisebb mértékben is, mint eddig. Európában Olaszországban tervezik újabb két VLBI-állomás felállítását. Ezzel az európai hálózat jelentősen kiegészülne. Talán a nem nagyon távoli jövőben egy mesterséges holdra telepített VLBI-állomással is számolhatunk, amely a jelenlegi hálózatok hatékonyságát rendkívüli mértékben megnövelné.

A NAP MAXIMUM ÉV

1979—81-ben a napfizikusok szerte a világon egységes program szerint végezték megfigyeléseiket, Tokiótól Debrecenig mindenütt ugyanazokat az aktív vidékeket figyelték, sőt bizonyos mesterséges holdak is részt vettek ebben a munkában. E széles körű nemzetközi összefogás, amely a napkitörések fizikai folyamatainak felderítésére alakult, a *Nap Maximum Év* (Solar Maximum Year, SMY) nevet viselte. Ennek előzményeiről, szervezéséről és első eredményeiről lesz szó a következőkben.

Az előzmények

Az emberiséget mindig érdekelte környezete. Kezdetben ez csak a barlang közvetlen szomszédságát jelentette, később, a közlekedési eszközök fejlődésével a környezet már az ország, majd a kontinens méreteire tágult, a nagy földrajzi felfedezések korában pedig már az egész földgolyót igyekeztünk megismerni. Manapság az űrszondák már a Naprendszer külső bolygóit és holdjait kutatják. A kozmikus környezetünk megismerésére folytatott törekvések fontos évfordulóihoz érkeztünk 1982-ben. Ekkor volt az első Poláris Év 100., a második Poláris Év 50. és a Nemzetközi Geofizikai Év 25. évfordulója.

A Föld megismerésében, a földrajzi tájékozódásban nagy szerepe volt az *iránytűnek*. Sir E. Halley, az akkori angol Királyi Csillagász, más tevékenysége mellett 1698—1700-ban megvizsgálta a *földmágnesség* tulajdonságait. Mivel főleg a tengereken volt nagy jelentősége a pontos helymeghatározásnak, a különböző hajókon végzett méréseket összegezve elkészítette az *óceánok mágneses térképeit*. Legfontosabb felfedezése a *mágneses elhajlás* volt, azaz hogy a Föld mágneses pólusai nem esnek egybe a földrajzi pólusokkal. A Celsius svéd csillagással együtt szintén Halley vette észre 1741-ben, hogy *összefüggés van a földmágneses háborgások és a sarki fény között*. A részletes mérések azt is kiderítették, hogy a Föld mágneses tere nem állandó, hanem térben és időben változik.

A földmágnesség változásainak tanulmányozására szervezte meg C.F. Gauss és W. Weber Göttingenben a Magnetisches Vereint. Ennek keretében 1836 és 1841 között 14 obszervatóriumban előre megállapított napokon, ötperces időközönként, egyszerre végeztek méréseket. Részben ezen rendszeres mérések alapján sikerült kimutatni, hogy *a naptevékenység* H. Schwabe által 1844-ben felfedezett *11 éves ciklikussága a földmágnességben is visszatükröződik.*

R. Carrington angol csillagász, kollégájával, Hodgsonnal egyidejűleg, 1859. szeptember 1-én a naptevékenység földi hatásai szempontjából nagyon fontos megfigyelést végzett. Sikerült egy ritka jelenséget, *fehér fényben is látható napkitörést* észlelnie. Arra is figyelte, hogy ezzel egyidőben mágneses háborgás is történt, majd fél nappal később erős mágneses vihart és sarki fényt lehetett megfigyelni. Gyűltek az adatok arra, hogy bizonyos geofizikai jelenségek a naptevékenységgel vannak összefüggésben.

A *meteorológiában* is jelentős fejlődés történt a múlt század közepén a nemzetközi együttműködés terén. M. F. Maury javaslatára 1853-ban Brüsszelben tíz ország képviselői megegyeztek, hogy hadihajóikon egységes formában végzik a meteorológiai jelenségek feljegyzését, és ezek a feljegyzések nemzetközi védelmet élveznek háború esetében is. Sajnos a szárazföldi megfigyelések egységes megszervezésére csak jóval később, 1878-ban került sor.

A különböző tudományok megfigyeléseiből kiderült, hogy mind a meteorológia, mind a geofizika szempontjából nagyon fontos lenne a *sarkvidékeken* megfigyeléseket végezni. K. Weyprecht, az osztrák-magyar haditengerészet hadnagya — maga is neves sarkkutató, a Ferenc József-föld felfedezője — 1875-ben elkészített tanulmányában javasolta, hogy a sarkvidékek kutatásában inkább a rendszeres megfigyelésekre, mint új öblök, fokok és szigetek felfedezésére kellene összpontosítani a figyelmet.

1877-re Weyprecht és Wilczek részletes programot dolgozott ki, amelyben egységes alapelveket és módszereket írtak le a meteorológiai, földmágneses és sarki fény észlelésekre, hogy az egyes expedíciók megfigyelései összehasonlíthatók legyenek. A földmágneses mérések időpontjait göttingeni középítő szerint jelölték ki, és a változások gyorsasága miatt felhívták a figyelmet a megállapodás szerinti időpontok nagyon pontos betartására.

Sajnos, a nemzetközi helyzet késleltette az elgondolás valóra váltását, így Weyprecht nem érte meg terve megvalósítását. A különböző nemzetközi konferenciákon több ország csatlakozott a tervhez, végül 1882 augusztusától egy évig tartott az első *Nemzetközi Poláris Év programja*. 11 ország — köztük az Osztrák–Magyar Monarchia — 14 sarki expedíciót indított, ebből kettő a déli féltekén, a többi az Arktisz térségében he-

lyezkedett el. A mérsékelt égövi állomásokat is beleszámítva kb. 40 helyen történtek megfigyelések. Az első Poláris Év eredményeit több mint 20 kötetben adták ki, s a rendszeres és egyidejű észlelések nagyban segítettek a földmágneses tér természetének megállapításában és az időjárás előrejelzésében.

A századforduló, a rádió felfedezése és elterjedése után kiderült, hogy *a földi légkör magasabb rétegei elektromos töltésű részecskéket, ionokat tartalmaznak*. Ezeknek a rétegeknek, az *ionoszférának*, fontos szerepe van a rádióhullámok terjedésében: a rövidhullámok innen visszaverődve juthatnak el nagyobb távolságokra. Az ionoszféra tanulmányozása egyik fontos feladata volt a *második Poláris Évnek*.

1927-ben javasolta J. Georgi német meteorológus, hogy pontosan 50 évvel az első Poláris Év után rendezzék meg a másodikat, most már korszerűbb eszközökkel, szélesebb skálán végezve a megfigyeléseket. A javaslat lelkes támogatást kapott, grandiózus terveket dolgoztak ki, többek közt gondoltak rakétaszondákkal végzett mérésekre is, de az időközben bekövetkező gazdasági válság ezt is megghiúsította, és más terveket is — például az antarktiszi állomásokét. Felmerült a program elhalasztásának gondolata is, a gazdasági nehézségek és a várható naptevékenységi minimum miatt, de a készülődések előrehaladottsága miatt ezt elvetették. Így *1932. augusztus 1-től 1933. augusztus 31-ig tartott a második Nemzetközi Poláris Év*. Az eredmények közzétételét a második világháború nehezítette, sok megfigyelés már ez után jelent meg, az utolsó 15 nap időjárási térképei megsemmisültek a háborúban. Mindezek ellenére a második Poláris Évet sikeresnek tartják, a megszerzett ismeretek alkalmazása csak a rádiótávközlésben több százmillió dollárra becsült hasznot hozott.

A közvetlen elődök: IGY, IQSY

Századunk harmincas-negyvenes éveiben tovább fejlődött a megfigyelési technika minden tudományágban. A napfizika területén például megszületett a napkorona fogyatkozásokon kívüli megfigyelésére szolgáló koronográf, a napfoltok mágneses terének feltérképezését lehetővé tevő magnetográf, a spektrohélioszkóp és a Lyot-monokromátor, amelyek segítségével rendszeresen meg lehetett figyelni a napkitöréseket. A világháborús években erőteljesen fejlődött a rakétatechnika, s a háború után részben a megmaradt harci rakétákat használták fel magaslégköri megfigyelések végzésére, részben új rakétákat fejlesztettek ki. Végül 1950-ben felmerült egy újabb, immár harmadik nemzetközi poláris év szervezésének gondolata.

A javaslatot magáévá tette a Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsa, az *ICSU* (International Council of Scientific Unions). Ez a nemzetközi

tudományos testület az egyes tudományágak nemzetközi szervezeteit fogja össze, és olyan kérdésekben foglal állást, amelyek több tudományág számára is fontosak. Hosszabb megbeszélések után végül 1953-ban született meg a végleges program. A nemzetközi összefogás elnökének a neves angol geofizikust, S. Chapmant választották meg. Az ő javaslatára az elnevezés is megváltozott, az új név *Nemzetközi Geofizikai Év* (*International Geophysical Year, IGY*) lett. Az időtartam az 1957. július 1-től 1958. december 31-ig tartó 18 hónapra terjedt. Erre az időszakra volt várható a soron következő naptevékenységi maximum, tehát kedvező alkalom nyílt a földi hatások tanulmányozására.

A szervezés kiválóan sikerült. 64 ország kb. 4000 megfigyelőállomása vett részt az IGY-ben, ez alkalommal valóban az egész földgolyóra kiterjedt a megfigyelések hálózata. Az Antarktiszról a mai napig szerzett ismereteink nagy részét ekkor alapozták meg. Hála az ICSU szervezésének, a napfizikától a geofizika összes ágáig minden tudomány képviselve volt. Fontos mérföldkőként a tudomány történetében, az IGY alatt került sor az első szputnyik felbocsátására, ezzel a Föld körüli kozmikus térség üreszközökkel való helyszíni vizsgálatának kezdetére, melynek egyik első kimagasló eredménye volt pl. a *Van Allen-féle sugárzási övezetek* felfedezése.

Az IGY során óriási mennyiségű napészlelés is összegyűlt, ezek feldolgozásával a Nap – Föld kapcsolatok fizikájának sok új részletét értettük meg. Szerencsére vagy balszerencsére, de az IGY egy hallatlanul magas naptevékenységi maximum idejére esett. Ez bonyolította az adatok feldolgozását, mert az egyes hatások egymásra rakódtak, összemosódtak.

A sikeres együttműködésen felbuzdulva ezért a következő naptevékenységi minimum idejére újabb nemzetközi és „tudományközi” együttműködést szervezett az ICSU, a *Nemzetközi Nyugodt Nap Évet* (*Inter-*



1. ábra. A Nemzetközi Geofizikai Év (IGY), a Nemzetközi Nyugodt Nap Éve (IQSY), és a Nap Maximum Év (SMY) emblémái

national Quiet Sun Year, IQSY), amely 1964. január 1-től 1965. december 31-ig tartott. Ebben 70 ország 621 megfigyelőállomása működött közre, amelyek közül 153 foglalkozott a naptevékenység észlelésével. A szervezésben nagy segítségre voltak az IGY alatt szerzett tapasztalatok, és a kifejlesztett világméretű obszervatóriumhálózat. Az IQSY alatt már rendszeresen történtek észlelések mesterséges holdakról és bolygóról is, tehát nemcsak a Föld és a Nap, hanem a *bolygóközi tér* állapotát is rendszeresen megfigyelték.

Az IQSY alatt sikerült tisztázni a Nap—Föld kapcsolatok újabb láncszemeit, világossá vált, hogy *a földmágnesességre, az ionoszférára és a földi légkörre a fehér fényben rendkívül ritkán észrevehető napkitörések (flerek) vannak a legnagyobb hatással.* Ezek csak a látható színek tartományban figyelhetők meg nehezen, de különleges műszerekkel, amelyek csak a hidrogén vörös H_α színekvonalának fényét engedik át (Lyot-monokromátor) jól kimutathatók. Más hullámhosszakon, az ibolyántúli és röntgentartományban a Nap sugárzásának többszörös, sőt nagyságrendi növekedése is bekövetkezhet egy-egy nagyobb napkitörés alatt. Ezeket a sugárzásokat a földi légkör elnyeli, így csak üresközökről tanulmányozhatók, de épp az elnyelés miatt a flerek erősen hatnak a felsőlégkörre, különböző rádióvételi zavarokat okozva.

A nagyobb napkitörésekből többnyire erős *részecskesugárzás* is kiindul, amely a Földig eljutva, a Föld magnetoszférájába befogva mágneses viharokat és sarki fényt okozhat, sőt az űrhajósok számára (akiket légkörünk védőpajzsa nem véd) veszélyes erősséget is elérhet. Így a modern napfizika számára fontossá vált a flerek megértése, annak a kérdésnek a tisztázása, hogy mi történhet az aktív vidékek mágneses terében, ami ilyen nagy és hirtelen energiafelszabaduláshoz vezet. Bár az eddigi észlelési sorozatok is sok megfigyelési adatot halmoztak fel, mégis olyan általános vélemény alakult ki a kutatók közt, hogy a napkitörések fizikájának megértésétől még messze vagyunk. Az is nyilvánvaló volt, hogy olyan sokrétű és nagyszámú észlelésre van szükség, amire bármely egyedülálló kutatócsoport önmagában képtelen. A flerek váratlan megjelenése és gyors lefolyása miatt (a legnagyobbak is csak legfeljebb néhány óráig tartanak) az előzetes szervezés és gondos tervezés is szükségsszerűvé vált. Érett tehát a helyzet egy új nemzetközi megfigyelési programra.

A Nap Maximum Év és céljai

Az előző fejezet végén említett kérdések tisztázására az ICSU egyik különbizottsága, a *SCOSTEP* (Scientific Committee of Solar—Terrestrial Physics, a Nap-Föld Fizika Nemzetközi Tudományos Bizottsága) 1979. augusztus 1. és 1981. február 28. közt újabb megfigyelési kampányt

szervezett, a *Nap Maximum Évet (Solar Maximum Year, SMY)*. Ebben 23 ország 66 obszervatóriuma vett részt 155 műszerrel, továbbá hét mesterséges hold 14 kísérlete. A lebonyolításban figyelembe vették az eddigi tapasztalatokat, ezért a megfigyelések egy nagyon szűken körülhatárolt témakörbe tartoztak, s különös gondot fordítottak az előkészítésre és a jó szervezésre.

Az *SMY fő célja a napkitörések tanulmányozása volt*, keletkezésük, lefolyásuk és az utána következő háborgások tovaterjedésének vizsgálata. Ennek megfelelően három fő téma keretében folytak a kutatások:

- A flerek kialakulásának tanulmányozása (*Flare Build-up Study, FBS*);
- Az energiefelszabadulás vizsgálata a flerekben (*Study of Energy Release in Flares, SERF*);
- A bolygóközi térben terjedő zavarok vizsgálata (*Study of Travelling Interplanetary Phenomena, STIP*).

E nagyobb, fő témákon belül 22, számmal jelölt kooperációs észlelési sorozatot (*COS*) jelöltek ki a szervezők, jó előre megállapodva, hogy milyen típusú műszerekkel, milyen fajta és mennyire gyakori észleléseket kell végezni egy adott *COS* ideje alatt.

A szervezés legnagyobb problémája az operativitás volt. A napkitöréseket nehéz előre jelezni, így időnként *nagyon gyorsan kellett reagálni a Napon lefolyó eseményekre*. Minden fő témát egy-egy kutató szervezett, az *FBS*-t a Párizs melletti Meudonból koordinálták, az *SERF* és *STIP* koordinátora az Egyesült Államokból, a marylandi Goddard Űrepülési Központból küldte szét táviratait. Az előre megbeszélt időszakokban, az „akciók” idején, az illetékes koordinátor kiválasztotta azt az aktív vidéket, napfoltsoportot, amely véleménye szerint az adott téma szempontjából jelentős lehetett, s naponta telexen értesítette az *SMY*-ban résztvevő obszervatóriumokat, hogy melyik aktív vidéket és milyen program szerint kell észlelni.

1980. szeptember 1-én például a következő szövegű telexüzenetet kapták a világ obszervatóriumai, közöttük Debrecen is: „*FBS Action 46 . . . Please start on Sept 01/1200 UT COS 014 on AR 2646 N12 E48 on 30/0830 UT.*” Ennek pontos jelentése a következő: „*FBS 46 akció . . . Kérem, szeptember 1-én 12 óra világidőtől kezdve végezzenek megfigyeléseket a COS 014 (flerkeletkezés) program szerint, a 2646 számú aktív vidékben, amelynek koordinátái augusztus 30-án 8 óra 30 perc világidőkor észak 12°, kelet 48° voltak.*” Az egyes akciók végeztével a résztvevők elküldték — szintén telexen — az észlelések és a megfigyelt jelenségek listáját, így a koordinátorok a legközelebbi akció szervezésénél már figyelembe vehették az előzőek eredményeit.

Vastag kötet alakult ki az *SMY* alatt küldött és kapott táviratokból. Végül a résztvevők néhány nemzetközi munkaértekezleten egyeztettek

1981.május 16.

10^h 06^m 58^s

2. ábra. Az 1981. május 16-i nagy napkitörés. (Az MTA CsKI Napfizikai Observatórium megfigyelési anyagából)

megfigyeléseiket. A SzUTA Krími Asztrofizikai Observatóriumában 1981 márciusában tartott munkaértekezleten a jelenlevők többsége úgy döntött, hogy érdemes az SMY észleléseit meghosszabbítani — a hivatalos befejezés ellenére —, mert a kedvezőtlen időjárás miatt még nem sikerült egy igazán nagy napkitörést széleskörűen és részletesen észlelni. Az 1981 május—júniusra időzített meghosszabbítás szép eredményt hozott, május 16-án sikerült egy igen nagy (3B) flert részletesen megfigyelni egy bonyolult szerkezetű aktív vidékben (2. ábra). A megfigyelési anyagok egyeztetése továbbra is folyik; nemzetközi kooperációban történik a feldolgozás. Egy-egy széleskörűen észlelt érdekesebb eseményről egy koordinátor gyűjti össze és összegzi az eredményeket. Az első komplex feldolgozások a SCOSTEP 1982 tavaszán, Kanadában rendezett konferenciáján szerepeltek, de az SMY megfigyelései még jó néhány évre adnak anyagot a közös munkához.

A Solar Maximum Mission

Kifejezetten a Nap Maximum Év céljaira bocsátották fel az Egyesült Államokból a *Solar Maximum Mission (SMM)* elnevezésű mesterséges holdat 1980. február 14-én. Az 575 km magasságú körpályára állított, 4 m hosszú, 2360 kg tömegű SMM technikailag is jelentős, mert ez a NASA első modulrendszerű űreszköze (3. ábra). Ez azt jelenti, hogy az adott műholdtípus-sorozat egy alapmodult tartalmaz, amely az energiaellátásról, távközlésről, orientációról gondoskodik, és ehhez az egységhez csatlakoznak a különféle feladatok ellátására alkalmas műszereket tartalmazó részek — az SMM esetében a napfizikai műszerek. Az alapegységen speciális horgok vannak, amelyek lehetővé teszik, hogy az űrrepülőgép távirányítású manipulátorával beemelje a mesterséges holdat rakodóterébe, és az esetleges javítások céljából visszahozza a Földre. A NASA szerint a modulrendszerrel egy évtized alatt több mint egymilliárd dollár takarítható meg. Megjegyzendő, hogy a szovjet Kozmosz műholdsorozat már két évtizede alkalmazza a modulrendszerű felépítést.

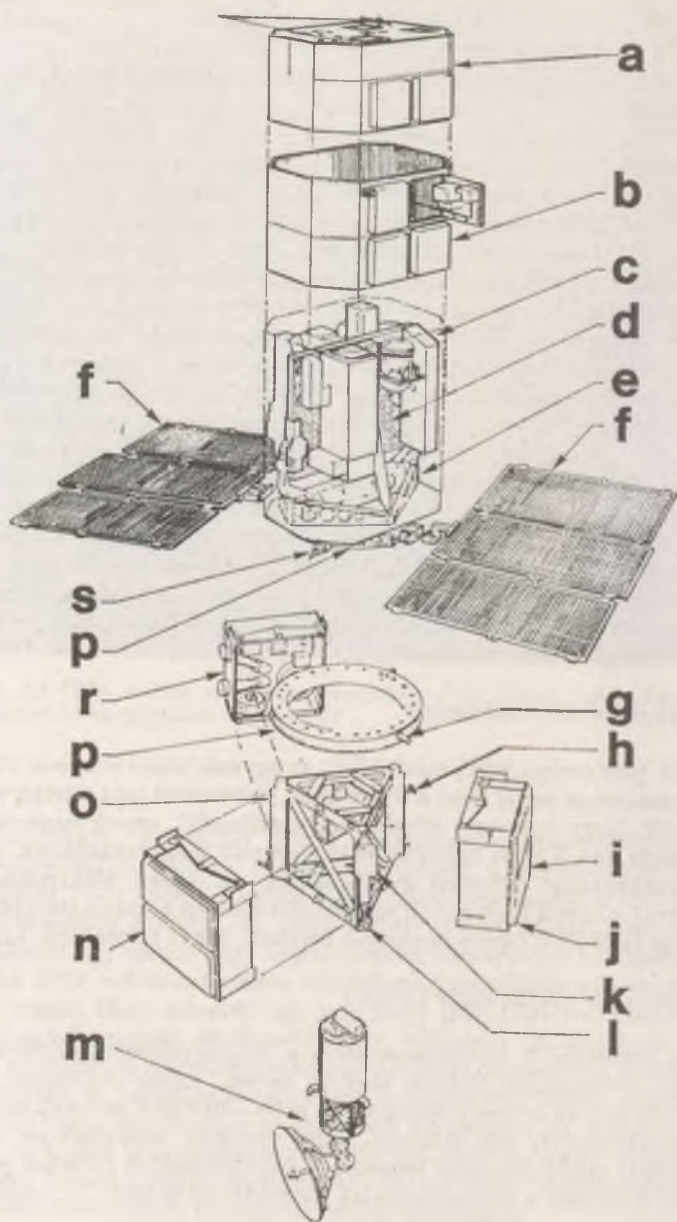
Vegyük sorra az SMM hét műszerét! Az első nincs közvetlen kapcsolatban a flerek megfigyelésével, de a többi hat műszer már kifejezetten az aktív jelenségek megfigyelésére szolgál, nagyon széles színeképtartományban, főleg a látható fénynél rövidebb hullámhosszú ibolyántúli-, röntgen- és gamma sugárzás tartományában.

A napállandót mérő radiométer

Abszolút pontossága jobb, mint 0,5%, az egymás utáni mérések viszonylagos pontossága pedig eléri a 0,001%-ot. Méréseiből arra vártak választ a kutatók, hogy *mennyire állandó a „napállandó”,* ennek ugyanis nagy jelentősége van a földi éghajlat változásainak magyarázatában. A műszer érzékenysége kiterjed gyakorlatilag az egész elektromágneses színekpre (a távoli ibolyántúli sugárzástól egészen a távoli infravörös), és a Nap felől jövő összes sugárzást érzékeli, tehát képet nem alkot.

A gamma sugár-spektrométer (GRE)

végzi a legrövidebb hullámhosszakon a megfigyeléseket. Ennek érzékenységi tartománya 0,3—9 MeV-ig terjed, külön érzékelők mérik a 10—140 keV-es kemény röntgen, és a 10—100 MeV-es nagy energiájú gammatartományt. Fő feladata, hogy néhány másodperces időbeli felbontással tanulmányozni lehessen a *napkitörésekből kiinduló gamma-sugárzás színeképét,* a színeképvonalak helyzetét és alakját. A megfigyelé-



sekből következtetni lehet a flerekben előforduló gyorsított részecske-nyalábok tulajdonságaira és a gyorsítási mechanizmusra.

Másik két műszer a kemény röntgensugárzás tanulmányozására készült:

A kemény röntgenkítőréseket vizsgáló spektrométer (HXRBS)

a 20—260 keV tartományban 15 csatornában határozza meg a röntgen-színképet, 0,1 másodperces időbeli felbontással. Látómezeje kb. 40°, tehát az egész napkorongot egyszerre észleli. Az egyik kiválasztott energiacsatornán az időbeli felbontást egy ezredmásodpercig lehet fokozni. A HXRBS segítségével a flerekben lezajló elektrongyorsítási mechanizmusokról kívánnak információt gyűjteni, amelyek a flerek kezdeti fázisában 20—100 keV energiára, később, a második fázisban sok esetben több, mint 1 MeV energiára gyorsítják az elektronokat.

A kemény röntgentartományban dolgozó képalakító spektrométer (HXIS)

egy lényegesen bonyolultabb műszer, talán ez a legérdekesebb az összes közül. Feladata, hogy jó térbeli (8 ívmásodperc) és időbeli felbontással (0,5 másodperc) szolgáltatson adatokat a 3,5—30 keV közötti kemény röntgentartományban, hat energiacsatornában. Az eddigi képalakító műszerek legfeljebb a néhány keV-es tartományig jutottak el, mert súroló beesésű tükrökkel működtek. A HXIS bonyolult rácsrendszert alkalmaz képalakításra, s a röntgensugarakban keletkező képet 900 apró, 7,5 mm átmérőjű proporcionális számlálóső regisztrálja. A műszernek két látómezeje van, a nagyobb 6'24" átmérőjű, de ez durvább, 32"×32" felbontású elemekből áll. A kisebb látómező 2'40" átmérőjű, ennek felbontása 8". Külön érzékelők figyelik a napkorong peremét és a műszer teljes látómezejébe eső összes kemény röntgensugárzás erősségét. A feldolgozó elektronika két mikroprocesszort is tartalmaz, így nagyon rugalmasan programozható — aszerint, hogy a kutató mit kíván inkább részletesen megfigyelni. Ezenkívül kiválogatja az adatokat, hogy a legfontosabbak kerüljenek közvetítésre, ha valamilyen okból kevés idő lenne az összes adat továbbítására. Mint a „legokosabb” műszer, a HXIS riasztja a többit, ha fler kezdődik, egyben megadja helyzetét is

3. ábra. A Solar Maximum Mission mesterséges hold felépítése: a: hővédő borító, b: az elektronika doboza, c: műszerek, d: a műszerek felfogólapja, e: tartószerkezet, f: napelemek, g: forgócsap, h: fogóhorog, i: hőszabályozó zsaluk, j: telemetria-modul, k: műszerdoboz, l: rögzítő pecek, m: irányított antenna, n: energiaellátó modul, o: tartószerkezet, p: adapter, r: orientációs modul, s: antenna

a napkorongon. A megfigyelésektől annak eldöntését várják, hogy a nagy energiájú elektronokat valóban a mágneses terek; esetleg egyéb nem-hőmérsékleti mechanizmusok gyorsítják-e fel a napkitörésekben, avagy egyszerűen a kialakuló magas, több millió fokal hőmérséklet adja-e az energiát az elektronoknak.

A lágy röntgensávban működő polikromátor (XRP)

a 0,14—2,24 nm-es tartományba eső lágy röntgensugárzás színeképét vizsgálja. Két részből áll: az egyik része felváltva használható a teljes tartomány hét, egymást átfedő sávjában hét másodperc alatt történő letapogatására, vagy egy olyan spektroheliográfként, amely egyidejűleg hét fontos ion színeképvonalában 14"-es felbontással egy 7×7 ívperces terület képét továbbítja. Az XRP másik fele a 0,17—0,2 nm-es tartomány részletes tanulmányozására szolgál, nagy időbeli felbontással, amely szélsőséges esetben 0,0645 másodperc is lehet. A műszer szintén mikroprocesszor-vezérlésű. Ennek segítségével például elérhető, hogy állandóan gyors adatgyűjtés történik a 64 kbyte nagyságú memóriába, miközben a legrégebbi adatok mindig elvesznek, s újabbakkal pótlódnak. Ha azonban egy feler megindul, a műszer elkezd továbbítani az adatokat, így a kezdet előttről is maradnak még nagy felbontású mérések. Az XRP mérési tartományába esnek azoknak sokszorosán ionizált atomoknak a színeképvonalai, amelyek a néhány millió fok hőmérsékletű felerplazmában várhatók. Ezeknek erőssége és formája az ott uralkodó fizikai körülményekről nyújt felvilágosítást.

A szokásos távcsövekhez már közelebb áll a következő műszer,

az ibolyántúli spektrométer és polariméter (UVSP),

ez a 115,0—360,0 nm-es tartományt figyeli. Szintén felhasználható színeképvonalak profiljának mérésére vagy spektroheliogrammok készítésére, 1" felbontással, 256"×256" látómezővel. Külön üzemmód szolgál a Doppler-eltolódások mérésére vagy a fény polarizációs állapotának meghatározására. Ezek a mérések is elvégezhetők az egész látómező területén. Az UVSP mérései a Nap légkörében lezajló mozgásokról, a mágneses terekről és egyéb fizikai paraméterekről szolgáltatnak adatokat.

A látható színeképtartományban dolgozik a hetedik műszer,

a koronográf-polariméter (C/P).

Ennél az üreszközön való elhelyezést a földi légkör által szórt napfény megszüntetése indokolta. (A légkörön kívül ugyanis elegendő egy, a távcső elé megfelelő távolságban elhelyezett takarókorong s már

látni is lehet a napkoronát!) A C/P a 446,5—656,3 nm-es tartományban készíti képeit, hét különböző szűrőn át — aszerint, hogy melyik koronavonal fényében kívánnak észlelni. Külön szélessávú szűrő és polár-szűrők teszik lehetővé a szabad elektronokról szórt fény meghatározását. Egy másik, keskenysávú H_{α} -szűrő a magasba emelkedő protuberanciák megfigyelésére szolgál. A műszer látómezeje a napkorong sugarának 1,6-szeresénél kezdődik, és kb. 6 naprádiuszig tart. Felbontása 10". A távcső lencséjének átmérője 27 mm, fókusztávolsága 877 mm. Ezzel a berendezéssel a napkorona gyorsan zajló változásait követették nyomon.

Az első eredmények

Több nemzetközi konferencián jöttek már össze a kutatók a megfigyelések megvitatására, ezenkívül az „Astrophysical Journal” 1981. március 15-i számának második része kizárólag az SMM méréseinek első feldolgozásairól szóló cikkeket közölt. Ezek alapján sorolunk fel néhány érdekesebb eseményt.

Homológ és szimpatikus flerek

A konferenciákon élénk vita folyt a homológ és a szimpatikus flerekről. Több esetben sikerült megfigyelni, hogy az egymást követő napkitörések a foltcsoportok gyakorlatilag ugyanazon helyén és hasonló módon fejlődtek ki. Ezeket nevezzük homológ flereknek. Legvalószínűbb magyarázatuk az, hogy a mágneses tér alapvető instabilitása (amely a flereket okozza) nem rombolódik szét az egyes napkitöréseknél, hanem a szerkezet hosszabb időn át nagyjából ugyanaz marad — emiatt hasonlóak a jelenségek.

Szimpatikus flereknek az egymáshoz többé-kevésbé közel eső független napfoltcsoportokban gyakorlatilag egyidőben lefolyó napkitöréseket nevezzük. Ebben az esetben a legvalószínűbb magyarázat az, hogy vagy mélyebben a fotoszféra alatt, vagy magasan a koronában a mágneses tér egy-egy zavara több napfoltcsoportban is kiválthatja a felgyűlt energia felszabadulását. (A Skylab megfigyelései óta közismert, hogy az egymástól viszonylag távol eső napfoltcsoportok mágneses terei is összeköttetésben állhatnak egymással.) Mozgófilmen nézve egészen különös látvány, ahogy például 1980 május végén három, egymás melletti foltcsoportban közel egyszerre lobbantak fel a flerek. Mivel az SMM alatt sok homológ és szimpatikus flerről sikerült megfigyeléseket összegyűjteni, külön munkacsoport alakult tanulmányozásukra.



4. ábra. Az 1980. május 5-i korona-tranziens, ahogy az SMM fedélzeti koronográf-polarimétere észlelte.
a: 10^h47^m világidőkor; b: 11^h57^m világidőkor

is sok érdekességet hoztak. A koronográf-polariméterrel az első 52 nap alatt 22 korona-tranzienst (a napkoronában buborékszerűen szétterjedő háborgást) sikerült megfigyelni. Egy tipikus példát a 4. ábrán láthatunk, az 5. ábra pedig H_{α} -fényben örökíti meg a tranzienszt okozó protuberanciát — a földfelszíni műszerek számára a napkorongtól elérhetetlen távolságban. Az ábrákon bemutatott esemény 1980. május 5-én történt, s jól szemlélteti a korona-tranziens és a felszálló protuberancia összefüggését. Figyelemre méltó, hogy napkitörés ebben az időben



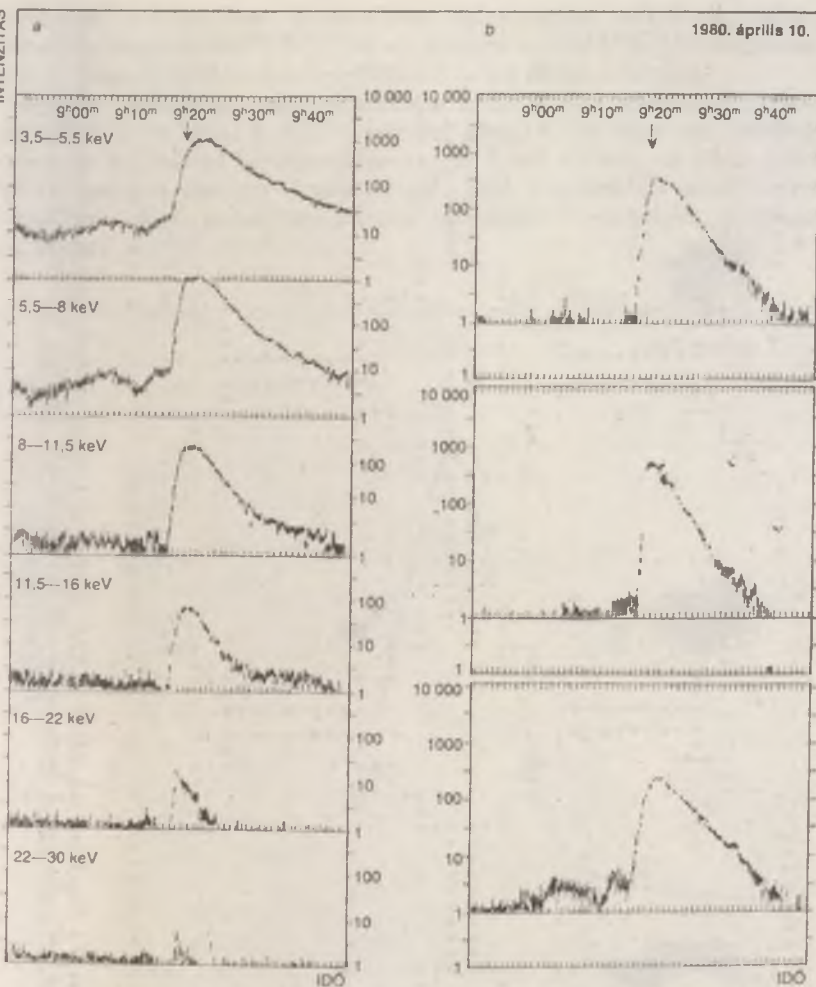
5. ábra. A 4. ábrán látható tranzienszt kiváltó protuberancia, H_{α} -fényben. Szintén az SMM C/P észlelése, 1980. május 5-én, 11^h53^m világidőkor



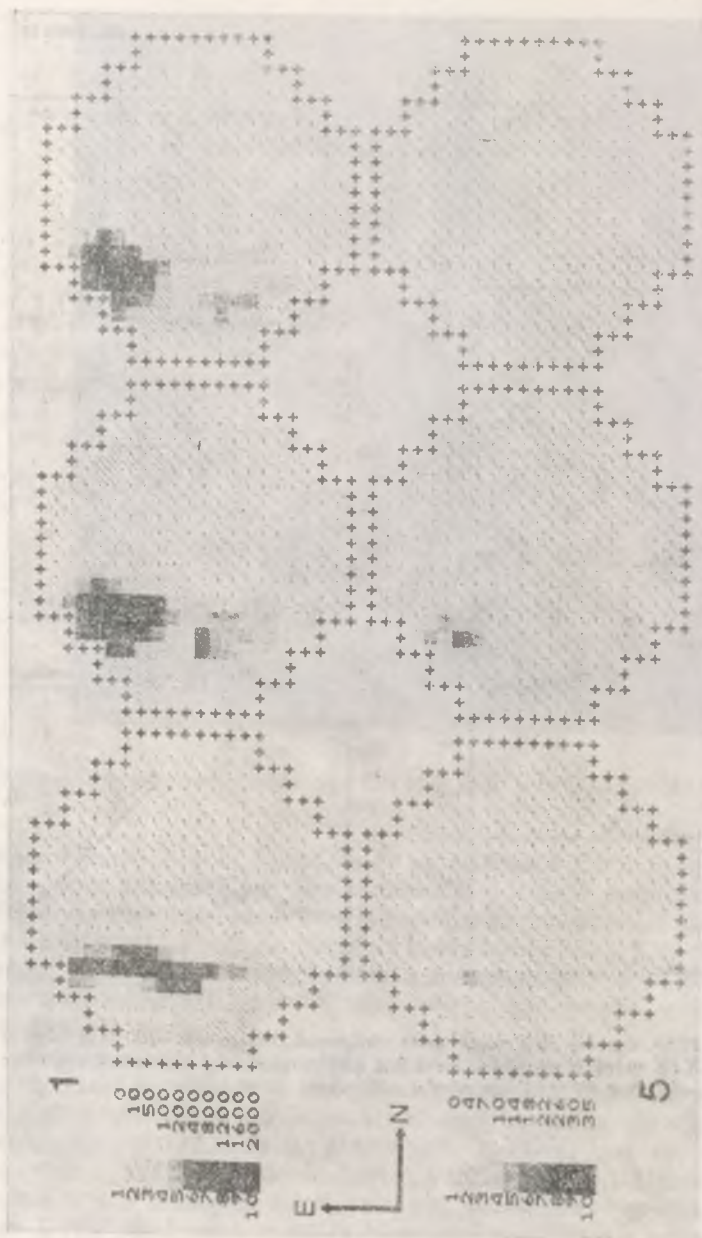
6. ábra. Egy szép protuberancia az SMM UVSP megfigyeléseiből

nem történt! Régóta ismert, hogy egyes hosszú életű, nyugodt protuberanciák időnként hirtelen eltűnnek — látható napkitörés nélkül. Bizonyos esetekben ezek után a hirtelen eltűnések után földmágneses zavarok is voltak észlelhetők. Most kezdjük már érteni a mechanizmust, amely a protuberanciák eltűnésével a koronában keletkező „buborékon”, korona-tranziensen keresztül megzavarja a napszelet, s így hatása a Földön is érezhető.

Az UVSP méréseiből egy szép protuberanciát mutat a 6. ábra. Ezenkívül ezzel a módszerrel sikerült megmérni, a cirkuláris polarizáció kimutatása útján, a mágneses tér erősségét, magasan egy napfolt felett: az eredmény $0,11\text{ T}$ (1100 gauss) volt. Ez jóval nagyobb a vártnál, mert az eddigi feltételezések szerint a foltok $0,3\text{--}0,4\text{ T}$ erősségű mágneses tere a fotoszféra felett szétterül, tehát felfelé gyorsan gyengül. Az UVSP által mért vonal (a háromszorosan ionizált szénatom szín-



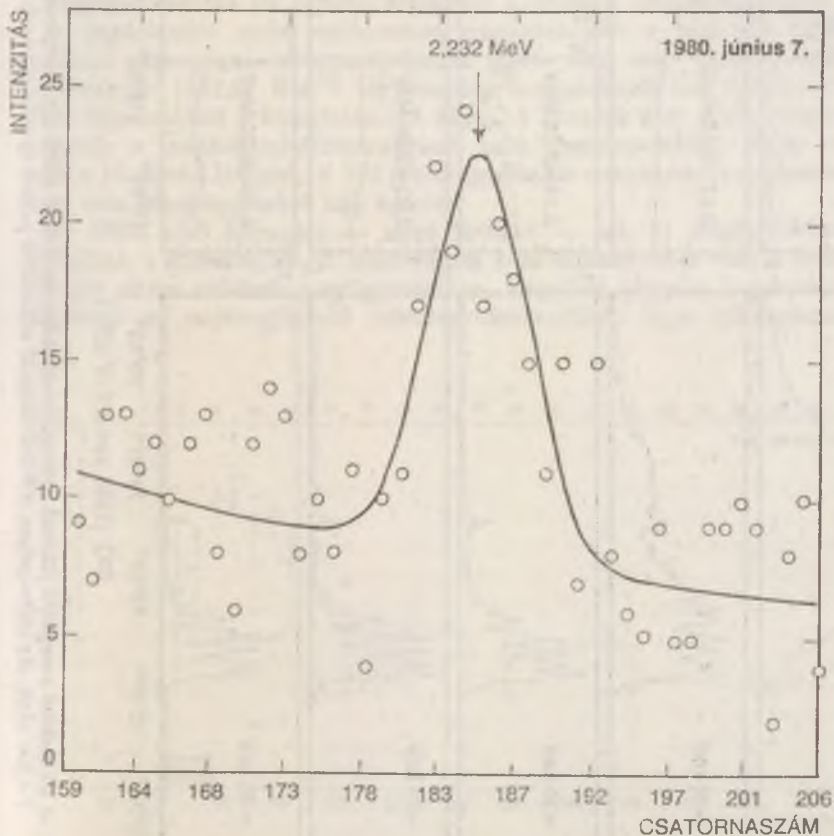
7. ábra. Az 1980. április 10-i napkitörés röntgensugárzásának időbeli lefolyása az SMM HXIS mérései alapján. a: a hat energiacsatorna összesített mérései; b: három kiválasztott $8'' \times 16''$ -es részlet változásai



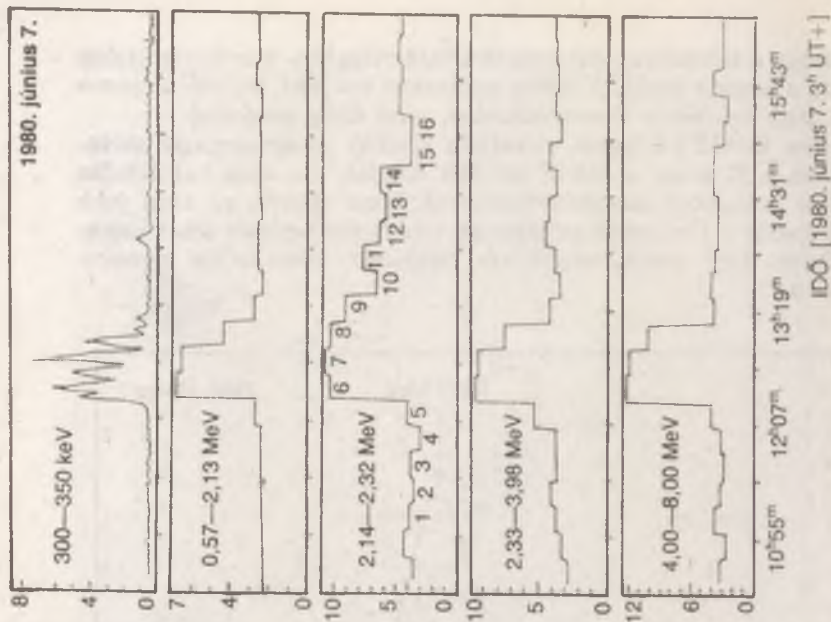
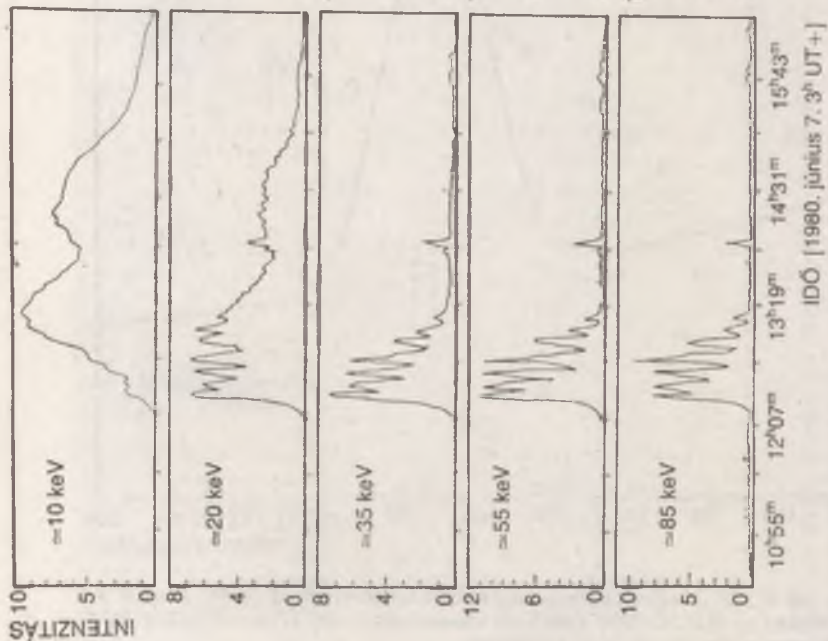
8. ábra. Az 1980. április 7-i fler képei az SMM HXIS szerint, a kemény röntgensugárzás-tartományban. Felső sor: 1. csatorna, 3,5—5,5 keV; alsó sor: 5. csatorna, 16—22 keV; a: 00°52' (kezdet); b: 01°07' (maximum); c: 01°19' (lecsengés)

képvonala) a fotoszféra—kromoszféra határrétegben keletkezik, tehát magasan a napfelt felett. A mérés eredménye azt jelzi, hogy a mágneses terek a Nap légkörében koncentráltabbak, mint eddig gondoltuk.

Egy fler időbeli lefolyását mutatja a kemény röntgensugarak tartományában a 7. ábra, a HXIS mérései alapján. Az ábra bal oldalán látható a különböző energiatartományok közti eltérés, az ábra jobb oldalán pedig a fler egyes pontjainak eltérő viselkedését lehet összehasonlítani. Egy másik napkitörés fejlődését követhetjük nyomon a 8. ábrán.



9. ábra. A 2,232 MeV-es gammasugárzás-szinképvonal az 1980. június 7-i napkitörésben az SMM GRE észlelései szerint. Ez a szinképvonal akkor keletkezik, ha proton fog be egy szabad neutron

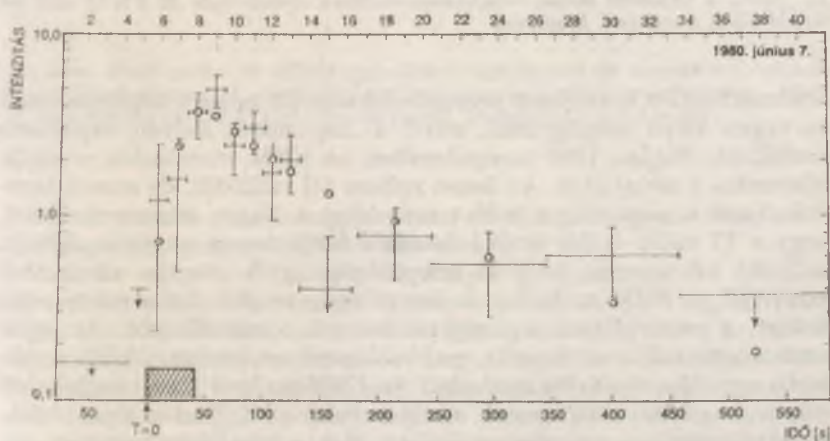


10. ábra. A különböző energiájú fotonok intenzitásváltozása az SMM GRE víz energiatakoronájában az 1980. június 7-i nap alatt. Az időbeli átlag 3 óra világhidő után eltelt percek és másodpercek vannak felírtak

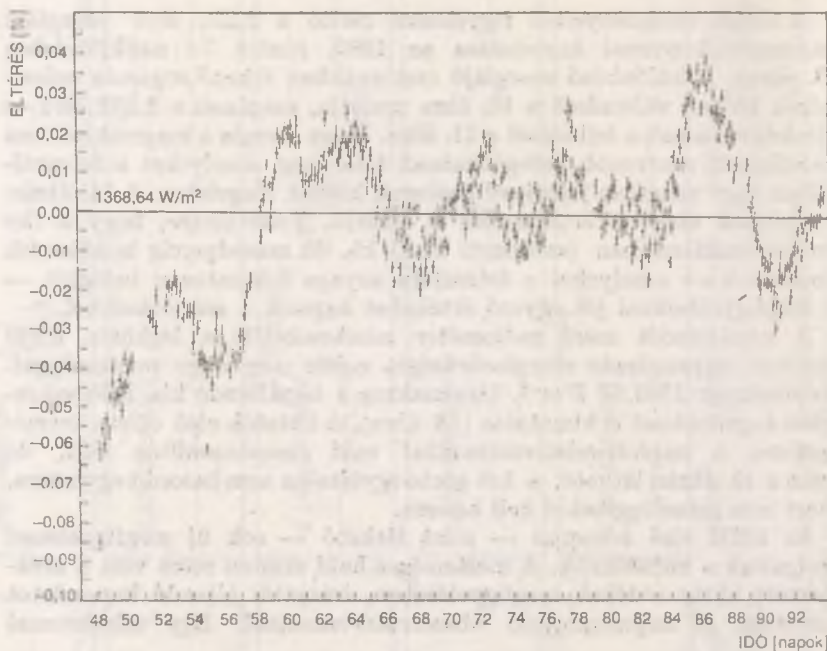
A GRE eredményeiből figyelemre méltó a 2,232 MeV energiájú gammaszínképvonal kimutatása az 1980. június 7-i napkitörésben (9. ábra). A különböző energiájú csatornában érkező sugárzás erősségének időbeli változását a 10. ábra mutatja, magának a 2,232 MeV-es színképvonalnak a fejlődését a 11. ábra. Ez az energia a magreakciókban keletkezett neutronok befogódásának felel meg, amelyeket a fotoszférában nagy számban jelenlevő protonok kötnek magukhoz. A 11. ábrán a mérések elméleti értelmezése is látható. Feltételezve, hogy a flar kezdeti stádiumában (sátozott rész) kb. 40 másodpercig keletkeztek neutronok — amelyeket a fotoszféra anyaga fokozatosan befogott — a megfigyelésekkel jól egyező értékeket kapunk a számításokból.

A napállandót mérő radiométer mindenekelőtt a légkörön kívül mérhető napsugárzás energiasűrűségét mérte meg nagy pontossággal. Eredménye: $1368,64 \text{ Wm}^{-2}$. Ugyanakkor a napállandó kis, 0,04 százalékos ingadozásait is kimutatta (12. ábra). A kutatók első ötlete természetesen a napfolt-relatívszámokkal való összehasonlítás volt, de mint a 13. ábrán látható, a két görbe egyáltalán nem hasonlít egymásra, ezért más összefüggéseket kell keresni.

Az SMM első hónapjai — mint látható — sok új megfigyeléssel szolgáltak a kutatóknak. A mesterséges hold szintén részt vett a kiválasztott aktív vidékek megfigyelésében, irányítói állandó kapcsolatot tartottak a napmegfigyelő obszervatóriumokkal. Egy alkalommal

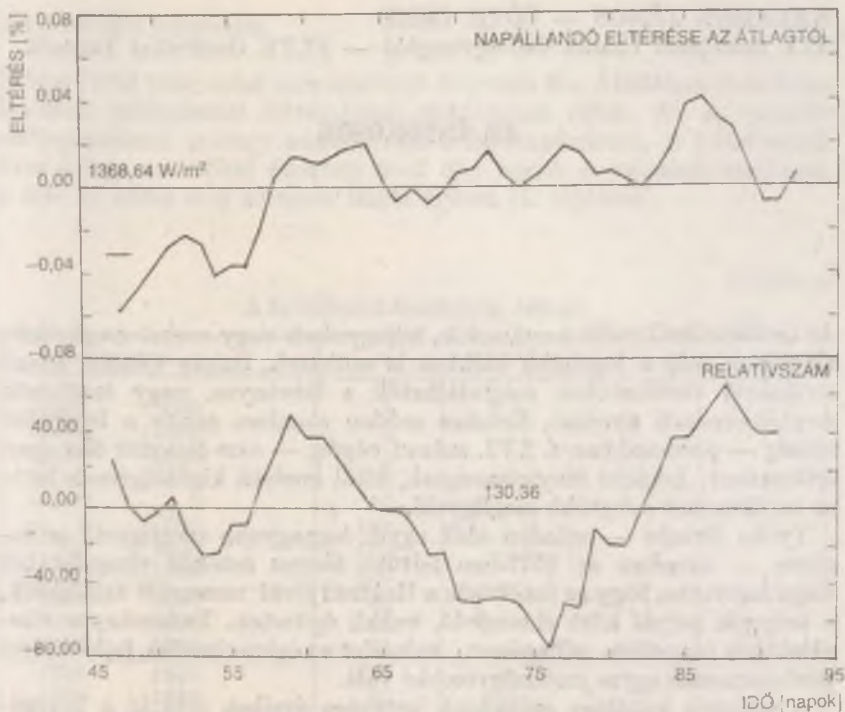


11. ábra. A 2,232 MeV-es gammavonal intenzitásának időbeli változása az 1980. június 7-i flarben. Keresztek: a mérési adatok, körcskek: a modellszámítás eredményei



12. ábra. A légkörön kívüli napállandó-mérések eredményei az SMM első 45 napja alatt, a mérések hibájával

a telexértéstitést követően 8 percen belül sikerült teljesen átprogramozni az éppen folyó megfigyelést, mivel a Nap másik helyén napkitörés kezdődött. Sajnos, 1980 novemberében az SMM orientációs modulja felmondta a szolgálatot. Az összes műszer jól működik, de semmi hasznuk, mert a mesterséges holdat nem lehet a Napra irányozni. Ezért, hogy a 77 millió dollár értékű űreszköz élettartamát meghosszabítsák, a NASA azt tervezi, hogy az űrrepülőgép egyik startja alkalmából kijavítják az SMM-et. Ehhez az űrrepülőgép megközelíti a mesterséges holdat, s manipulátora segítségével beemeli a rakodótérbe. Az egyik asztronauta felölti az űrruhát, majd a légzsilipen keresztül kilép a rak-térbe egy új orientációs modullal. Az SMM-en levő rossz modult két csavar megoldása után kiemeli, s helyére rakja a jót. Ezután kipróbálják, majd eleresztik a mesterséges holdat. Még a közelében maradva egy újabb próba következik, s ha az SMM ekkor is jól működik, az űrrepülő-gép leszáll. Az SMM valószínűleg csak 1985-ben ég el a légköri fékezés miatt, de egyelőre még nincs eldöntve, hogy az eredeti tervek szerint



13. ábra. Felső görbe: az SMM napállandó-méréseinek az átlagtól való eltérése (hasonlítsuk össze a 12. ábrával); alsó görbe: a napfolt-relatívszámnak az átlagtól való eltérése az SMM első 45 napja alatt. Összefüggés nem látható

1984-ben visszahozták-e nagyjavításra az űrrepülőgéppel. Ennek oka az űrrepülőgép-program jelentős csúszása.

Mint az eddigiekből látható, az emberiség egyre nagyobb iramban kutatja kozmikus környezetét. Ennek a tevékenységnek egyik fontos részlete a Nap aktivitásának és földi hatásainak vizsgálata. Ez utóbbi cél érdekében történt a legutóbbi nagy nemzetközi összefogás is, a Nap Maximum Év, amelyben erejükhez mérten, megfelelő nemzetközi színvonalon a magyar kutatók is részt vettek. Bár e cikk megírásáig még a begyűjtött anyagnak csak előzetes feldolgozásai láttak napvilágot, biztosra vehető, hogy az SMY megfigyelései új, fontos eredményeket hoztak a napkitörések megértésében, s még jó néhány évig alapul szolgálnak a napfizikai vizsgálatokhoz ...

AZ ÜSTÖKÖSÖK

Az üstökösökről szóló beszámolók, feljegyzések vagy ezeket megörökítő alkotások már a legrégibb időkben is születtek. Szinte minden létező civilizáció történetében megtalálhatók a látványos, nagy üstökösök megjelenésének nyomai. Érdekes módon azonban szinte a legutóbbi időkig — pontosabban a XVI. század végéig — *nem tartották őket igazi égitesteknek*. Légköri fényjelenségnek, földi eredetű kigőzölgésnek hitte az üstökösöket a legtöbb megfigyelő.

Tycho Brache — minden idők egyik legnagyobb megfigyelő csillagásza — azonban az 1577-ben feltűnt fényes üstökös vizsgálatából megállapította, hogy az üstökösök a Holdnál jóval messzebb találhatók, a bolygók pályái közt elmozduló, valódi égitestek. Tudományos vizsgálatuk a távcsöves csillagászat, valamint az égimechanika fejlődésével párhuzamosan egyre eredményesebbé vált.

A bolygók kutatása századunk hetvenes éveiben élte át a bolygószondák eredményeinek hatására kialakult *információs forradalmat*. Az üstökös kutatásban a közeljövőben várható ez az esemény: az üstökös megfigyelések történetének legjellegzetesebb objektumához, a *Halley-üstököshöz* tervezett automatikus expedíciók immár a beteljesedés előtt állnak. Indulásukra két-három éven belül kerül sor.

Az üstökösök általános tulajdonságai

A szabad szemmel is látható tipikus üstökös *halvány ködfoltként* vehető észre az égbolton, melyből a Nap irányával ellentétesen egy szintén *ködös megjelenésű csóva* ágazik ki. Az üstökösök (a Holdhoz és a bolygókhoz hasonlóan) lassan elmozdulnak a csillagok között. Általában néhány naptól néhány hónapig terjedő időszak áll rendelkezésünkre a megfigyelésükhöz. Egyik legjellemzőbb tulajdonságuk az, hogy — eltekintve az úgynevezett *periodikus üstökösöktől* — teljesen váratlanul jelennek meg, de még a periodikus üstökösök esetében is *újrafelfedezésről* szoktunk beszélni.

Az üstökösök felfedezése

Eddig jóval több mint ezer üstököst fedeztek fel. Általában más célra készített csillagászati felvételeken bukkannak rájuk, de az amatőr csillagászoknak is nagy szerepe van a felfedezésekben. A felfedezések éves átlaga az utóbbi években 6—7 db: ennek a számnak majdnem a fele új, eddig még sohasem látott égitest (1. táblázat).

A felfedezett üstökösök száma

1. táblázat

Időintervallum	n	n*	ü	ü*
-2500 -2000	5			
-2000 -1500	5			
-1500 -1000	6			
-1000 -500	8			
-500 0	96			
0 500	153			
500 1000	180			
1000 1500	216			
1500 1600	63			
1600 1700	35			
1700 1800	74		0,7	0,6
1800 1820	31	20	} 3,5	2,3
1820 1840	35	22		
1840 1860	82	59		
1860 1880	79	50		
1880 1900	124	79		
1900 1910	45	29	} 6,6	3,5
1910 1920	54	30		
1920 1930	54	28		
1930 1940	57	32		
1940 1950	85	46		
1950 1960	89	42		
1960 1963,5	30	10		
összesen: 1606 db (Baldet szerint 1738 db, de ezek közül 132 nagyon kétséges.)				

Megjegyzések:

n = az összes üstökösmegjelenések száma

n* = az új üstökösök száma

ü, ü* = egy évre eső átlagok

— Évszázadonként ma már 350 új üstököst számíthatunk.

— A Neptunusz pályáján belül Bobrosnyikov szerint 10^6 , Porter szerint 5×10^6 db üstökös-perihélium található.

— Van Woerkom és Oort szerint a Nap körüli 150 000 cs. e. sugarú gömbben kb. 10^{11} db üstökös lehet.

A legtöbb üstökös csak távcsővel figyelhető meg. Átlagosan néhány évenként azonban *szabad szemmel is látható, fényes üstökösök* megjelenésére is számíthatunk. (1957-ben például két „szabadszemes” üstökös is látszott, az Arend—Roland- és a Mrkos-üstökös, 1970-ben a Bennett-, 1973/74 fordulóján pedig a Kohoutek-üstökös.) Évszázadonként két-három alkalommal olyan fényes üstökösök is feltűnhetnek, amelyek *még a nappali égen is meglátszanak*. Ilyen volt néhány hónappal a Halley-üstökös 1910-es megjelenése előtt a híres „nappali üstökös”, és 1965-ben az Ikeya—Seki-üstökös.

Az üstökösöket a felfedezőjükről vagy felfedezőikről nevezik el. Egy objektum legfeljebb három nevet viselhet. A felfedező neve mellett az üstökös egy évszámot és egy latin kisbetűt is kap. Ez mutatja meg, hogy az adott évben (ábécé sorrendben) hányadik volt a felfedezés. (Pl. 1980 b Bowell-üstökös, 1980 s Lovas-üstökös.) E nevek azonban csak ideiglenesek, a pontos pályaszámítás után a végleges elnevezés a következő: 1978 XXV P/Tuttle—Giacobini—Kresák (1978r). Itt az első szám *a perihéliumtávoztatás éve*, a második (római) szám jelzi, hogy az üstökös az adott évben *hányadikként* haladt át a perihéliumon, az ezután olvasható P azt jelzi, hogy egy *periodikus* üstökösről van szó. (Ha nincs P, akkor új az üstökös!) Ezt követi *a felfedező neve* és esetleg *a felfedezés éve*, a sorrendet jelző kisbetűvel.

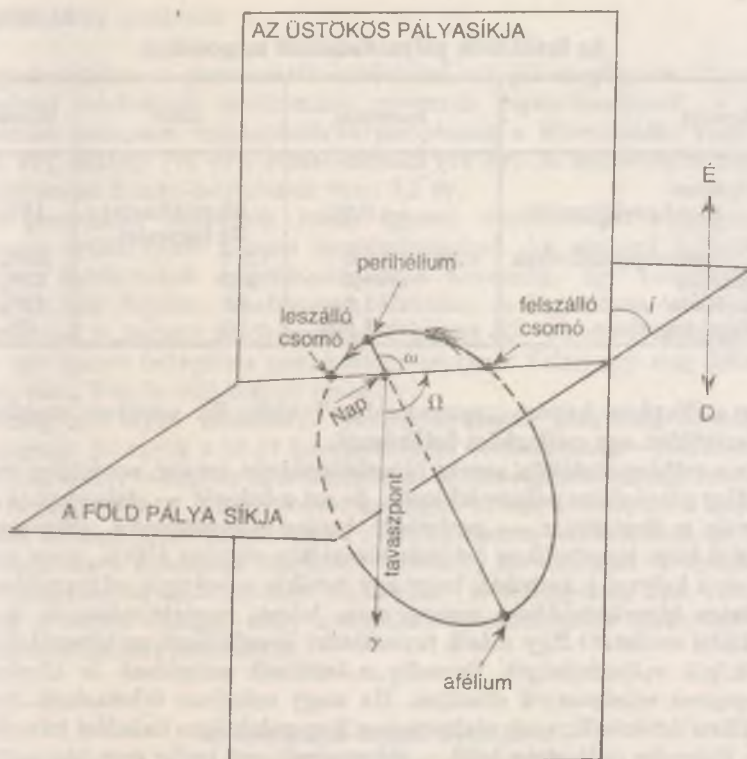
Az üstökösök pályája

Az üstökösök pályáit a Naprendszer többi égitestjéhez hasonlóan az égi-mechanika törvényei szabják meg. A pályák leírásához gyakorlatilag ugyanazokat a pályaelemeket használjuk, amelyeket az égi-mechanika a bolygópályák esetében alkalmaz (1. ábra, 2. táblázat).

2. táblázat

Az üstökösök pályaelemrendszere

a	=	pálya fél nagytengelye
q	=	perihéliumtávolság
i	=	inklináció
π	=	$\omega + \lambda$ = a perihélium hosszúsága
n	=	$0,985608/P$ = közepes napi mozgás (fok), ahol P = keringési idő
r	=	üstökös—Nap távolság (rádiuszvektor)
Δ	=	a Föld—üstökös geocentrikus távolság
R	=	Föld—Nap távolság (rádiuszvektor)
α	=	Föld—üstökös—Nap fázisszög



1. ábra. Az üstökösök pályáinak jellemzői

Az eddigi megfigyelések szerint az üstökösök többsége elnyúlt ellipszis alakú pályán kering. Egy részük parabola-, elenyésző hányaduk pedig hiperbolapályán mozog. 573 üstökös pályadatainak elemzése alapján a 3. táblázatban szereplő statisztikai összefoglalás adható.

Mivel az üstökösök jelentős részének *parabolával nagyon jól közelíthető pályája* van, felmerül a kérdés, vajon a Naprendszerhez tartozik-e minden üstökös, és nem csupán váratlan látogatóink-e a távoli világűrből?

Ha egy üstökös az intersztelláris térből érkezik a Naprendszerbe, pályájának *hiperbolikusnak* kellene lennie. *Elliptikus* pálya csak az állandóan Nap körül keringő égitestekre jellemző. A *parabolapálya* olyan test esetén képzelhető el, amely a Nap megközelítése előtt gyakorlatilag a Nappal azonos irányú és nagyságú térbeli sebességgel rendelkezett,

Az üstökösök pályadatainak megoszlása

Pályaalak	excentritás	darab	részarány
elliptikus rövid periódusúak	$e \leq 0,96$	55 (többször) 39 (egyszer)	16%
hosszú periódusúak	$0,96 < e < 1,0$	119	21%
parabola	$e = 1,0$	292	51%
hiperbola	$e > 1,0$	68	12%
erősen hiperbola	$e > 1,004$	0	0%

azaz a Naphoz képest „nyugalomban” volt. Ez azonban szerfelett valószínűtlen egy csillagközi üstökösnél.

Az a néhány üstökös, amely hiperbolapályán mozog, eredetileg valószínűleg *parabolikus pályán* érkezett, de ezt a bolygók — elsősorban a Jupiter és a Szaturnusz — *perturbáló hatása megváltoztatta*. (Strömgren például húsz hiperbolikus üstökös vizsgálata alapján állítja, hogy valóban ez a helyzet.) Az tehát, hogy egy üstökös a bolygók pályamódosító hatására hiperbolapályán mozog, nem jelenti egyértelműen az intersztelláris eredetet! Egy másik tapasztalat is csökkenti az intersztelláris üstökösök valószínűségét. Ez pedig az *üstökösök pályáinak és közeledési irányainak véletlenszerű eloszlása*. Ha nagy számban érkeznének intersztelláris üstökösök, azok elsősorban a Nap galaktikus haladási irányából — a Hercules csillagkép felől — érkeznének, ezt pedig nem támasztják alá a megfigyelések.

A ma általánosan elfogadott nézet szerint az üstökösök a Naprendszerhez tartoznak. Bobrosnyikov szerint a Neptunusz pályáján belüli perihéliummal rendelkező üstökösök valószínű száma egymillió körül van. Porter erre vonatkozó becslése egy- és tízmillió közé esik. Van Woerkom és Oort a Nap körül egy 150 000 cs. e. sugarú gömbben kb. 10^{11} darabra becsüli az üstökösök számát. Ebből az úgynevezett „Oort-felhőből” válnak ki a kométák, majd erősen elnyúlt ellipszispályán érik el a Nap közvetlen környezetét. Az ilyen — parabolával igen jól közelíthető — pályán beérkező üstökösök útjuk minden pontján gyakorlatilag a Napra vonatkoztatott szökési sebességgel haladnak. Ezt az óriásbolygók gravitációs hatása akár növelheti (ekkor az üstökös eltávozik a Naprendszerből), akár lecsökkentheti (mikor is az üstökös periodikussá válik).

A periodikus üstökösök

A gyakorlatban a parabolától különböző, és jól megfigyelt ellipszis-pályával rendelkező üstökösöket nevezzük *periodikusaknak*. A leg-hosszabb pontosan meghatározott periódusok a következők: Rigollet (151 év), Halley (76 év), Pons—Brooks (71 év). A legrövidebb ismert periódusa az Encke-üstökösnek van: 3,3 év.

A periodikus üstökösök közül *egyesek naptávolságai megegyeznek bizonyos óriásbolygók közepes naptávolságaival*. Az egy-egy bolygóhoz tartozó üstökösöket *üstököscsaládoknak* nevezzük. Így beszélhetünk az üstökösök Jupiter-, Szaturnusz-, Uránusz- és Neptunusz-családjáról. A 2. ábrán is látható üstököscsaládok között 50—60 cs. e. távolságban van egy ismert bolygóhoz nem köthető csoport. Talán egy még felfedezésre váró, Plútón túli bolygó családja?

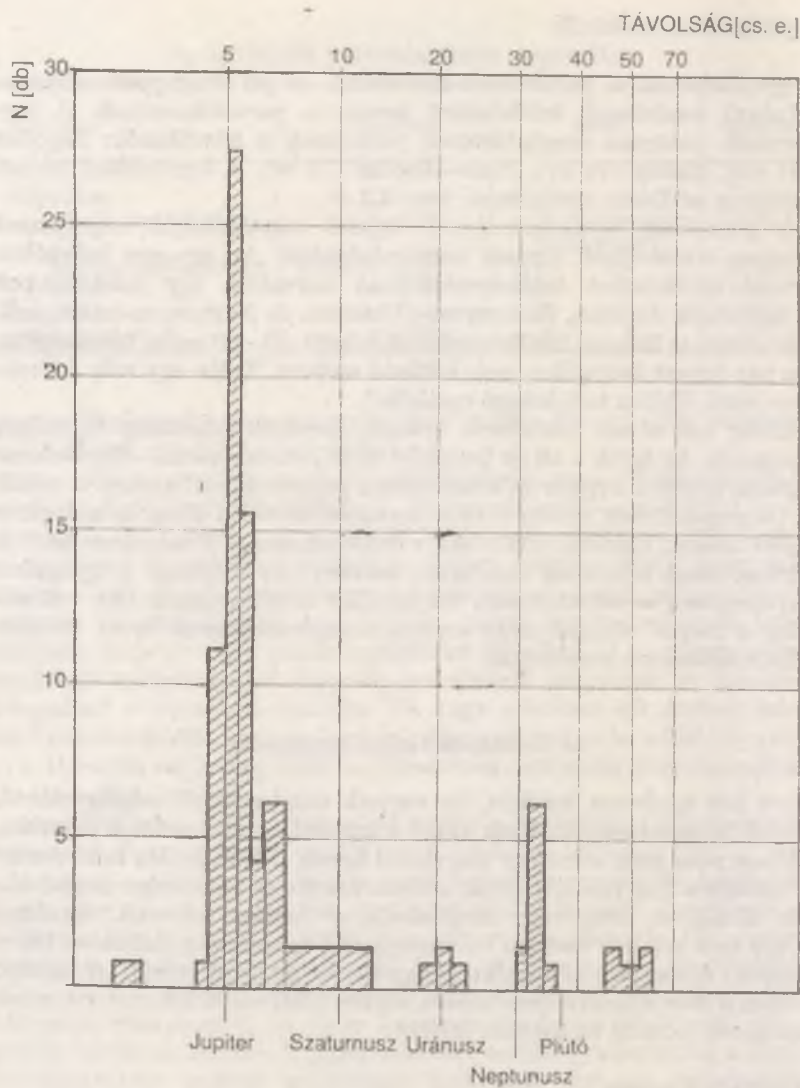
Eddig két olyan üstökösről tudunk, amelyek *közelítőleg körpályán* mozognak. Az egyik a 16 év keringési idejű Schwassmann—Wachmann-üstökös, amely a Jupiter és a Szaturnusz pályája között kering. A másik az Oterma-üstökös, amely 8 éves keringési idővel a Mars és a Jupiter között mozog. Közülük különösen a Schwassmann—Wachmann-üstökös érdekes, mert általában rendkívül halvány, de időnként a nyugalmi fényességének a százszorosára fényesedik! E felfénylések oka valószínűleg a Napot elhagyó nagy energiájú részecskeáramok és az üstökös kölcsönhatásában kereshetők.

Az üstökösök fizikai természete

Nincs két egyforma üstökös, de vannak mindegyiknél megfigyelhető, feltűnő jellegzetességek. Ezek közül a legáltalánosabb a *kóma* jelenléte. A kóma nem más, mint egy nagyjából kerek, diffúz, ködös folt. Amint az üstökös a Nap felé közeledik, a kóma mérete és fényessége megnövekszik, általában eléri vagy meghaladja a Jupiter méreteit. Gyakran — bár nem minden esetben — *kicsiny, csillagszerű mag* látható a kóma közepén. A mag és a kóma alkotja együttesen az üstökös fejét. A legtöbb esetben a Nap közelébe érve hosszú, olykor több millió kilométer hosszúságú *csóva* indul ki az üstökös fejéből.

Az üstökösök magja

Az üstökösök minden megfigyelhető megnyilvánulásáért, a több tízezer kilométer átmérőjű kóma és a sokszor több millió kilométeres csóva kialakulásáért egy nagyon kis objektum — az üstökös magja — felelős.



2. ábra. Az üstököcsaládok

Egy átlagos fényességű üstökös esetében a mag átmérője (a fotometriai megfigyelések szerint) 1—10 km közé esik. Anyagát Whipple „piszkos hógolyó” elmélete szerint *jégbe ágyazott szilárd, nem illó részecskék alkotják*. A jég elsősorban az ősnapköd leggyakoribb kémiai elemeiből álló vegyületek kifagyásával keletkezett. Alkotóelemei között a legfontosabbak a H, C, N, O atomok. A Bennett- és a Kohoutek-üstökös megfigyelései alapján a H_2O , HCN , CH_3CO , CO_2 (?) jegei valószínűleg 100 K körüli hőmérsékleten kondenzálódtak. Mivel a jégben nincs jelentős mennyiségű CH_4 (és a feltevések szerint a kómában megfigyelhető CO a CO_2 -ből keletkezik), valószínű, hogy az üstökös~~magok~~ kialakulása idején a hőmérséklet 50 K-nél magasabb volt.

A jégkomponenssel összemérhető mennyiségű *nem illó anyagszemcsék* is részt vesznek a mag felépítésében. A szemcseméret 10^{-4} cm-től 1 cm átmérőig terjed, de lehetnek ennél nagyobb darabok is. Összetételükben valószínűleg a *szenes kondritokra* hasonlíthatnak. (Erre utal egyrészt az üstökös~~magok~~ átlagosan 0,1-es albedója, másrészt a mag szilárd szemcséinek a kémiai összetételét a színeképmegfigyelések is sejtetik.) A mag körüli kómában a Na, Ca, Co, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, V, Si színeképvonalai is feltűnnek. A színekép infravörös tartományában megfigyelhető reflexiós sávok *szilikáttartalmú szemcsék* jelenlétére is utalnak. Ennek a por—jég konglomerátumnak az átlagos sűrűsége a becslések szerint 1 g/cm^3 körül van. Ebből — a méret hozzátétőleges ismeretében — a tömegre is következtethetünk; a tömeg felső határára az üstökös~~magok~~ gravitációs perturbáló hatásából, illetve annak hiányából is becsléseket kaphatunk.

(1886. július 20-án például a Brooks-üstökös áthaladt a Jupiter holdrendszerén. A Jupiter középpontjától 20,4, a Ganymedestől 15, a Callistótól pedig 26,5 Jupiter-átmérőnyi távolság választotta csak el. Az üstökös áthaladása után a Jupiter holdjainál a legcsekélyebb pályaháborgást sem lehetett észrevenni, míg maga az üstökös — Chandler számításai szerint — óriási perturbációt szenvedett el. Az áthaladás előtt pályájának excentritása 0,39 volt, 27 éves keringési idővel. Az áthaladás után az excentritás 0,47-re növekedett, és a keringési idő 7 évre módosult. A perihéliumtávolság 5,4 cs. e.-ről 1,9 cs. e.-re csökkent. Mindezekből következik, hogy az üstökös~~magok~~ tömege maximálisan 10^{15} — 10^{18} g lehet. Egy másik, az Encke-üstökösre végzett becslés szerint annak magja minden napközelség idején legalább 10^5 g anyagot veszít. Mivel már több mint 50 esetben figyelték meg a perihéliumátmenetét, tömegének biztosan nagyobb~~nak~~ kell lennie 10^{15} g-nál.)

Mai ismereteink szerint az üstökösök, illetve az üstökös~~magok~~ kialakulására a Naprendszer keletkezésének korai fázisában került sor. Talán az úgynevezett kollapszus fázisban álltak össze az üstökös~~magok~~ — amit a jelenleg megfigyelhető pályák véletlenszerű eloszlása is alátámaszt.

Az is lehet, hogy a bolygók keletkezésével párhuzamosan, a fennmaradó anyagok egy része üstökös-magokká kondenzálódott. Ezekből később a Jupiter és a többi óriásbolygó perturbációja a ma is megfigyelhető eloszlásúvá alakította át. Egy másik elmélet szerint egy közelben elhaladó csillag hatására az ősnápfelhő egy része eltávolodott a Naptól, sőt részben meg is szökhetett. Az ebből létrejött üstökösök egy része megmaradt a Naprendszer periferiájában, de a többség talán örökre elveszett.

Az üstökösök közül a rövid periódusúakat „öregeknek” nevezzük — abban az értelemben, hogy már *nagy részben elvesztették a Nap közelében kigázosodó, illékony összetevőiket*, s jó úton vannak a teljes szétagrozódás, vagy esetleg az aszteroidaszerű objektummá válás felé. Ez utóbbiak, erősen instabil pályákon mozogva, előbb-utóbb összeütköznek a belső bolygókkal.

Ezzel kapcsolatban nemrégiben egy érdekes felfedezés született. 1979. november 14/15-én E. Helin megtalálta az *1979 VA jelű kisbolygót*. Mint később kiderült, pályája erősen elliptikus, perihéliumtávolsága 40 millió km körül van, naptávolságban azonban majdnem a Jupiterig távolodik (4,29 cs. e.-re). Égimechanikai értelemben pályája nem nevezhető stabilnak, valószínű sorsa vagy az összeütközés, vagy pedig a Naprendszerünkben való távozás lesz. Elnyúlt pályája, erősen sötét — a szemes kondritokra emlékeztető albedójú — felszíne, valamint kb. 3 km-es átmérője kísérteties pontossággal adják vissza egy „kiégett” üstökös-mag feltételezett tulajdonságait. Hasonló pályán mozog a Hidalgo nevű kisbolygó is. Elképzelhető, hogy mindkét esetben halott üstökös-magokról van szó.

Az 1979 VA esetében (fényességének parányi ingadozásai miatt) 4—5 óra közötti tengelyforgási idő is feltételezhető. *A tengelyforgás egyébként az aktív üstökös-magoknál is megfigyelhető jelenség.* Az 1858-as Donati-üstökös magja például három héten át jól megfigyelhető, 4,6 óra periódusú aktivitást mutatott ki. Az Encke-üstökös ezen túlmenően azonban még másra is jó példa. Gondos égimechanikai számítások ellenére sem lehet mozgását pontosan leírni. Ez azt jelenti, hogy *az Encke-üstökös keringési ideje nem állandó, hanem nagyon lassan csökken.* Felfedezése idején minden periódusban 2,5 órával volt rövidebb, de azóta a csökkenés üteme megváltozott, periódusonként néhány perc lett. Más üstökösök esetében is megfigyeltek hasonló jelenségeket: a Halley-üstökös például keringésenként 4 napot késik. E gravitációs törvényekkel nem leírható folyamatokat ma széles körben az úgynevezett „nem-gravitációs” hatások számlájára írják.

A nem-gravitációs hatások gyakorlatilag az üstökös-mag kigázosodásakor fellépő *reaktív erőket* jelentik. Az üstökös-mag (azaz a „piszkos hógolyó”) a tengelye körül forogva közeledik a Nap felé. A Nap sugárzásának

hatására a jég szublimálni kezd. A felmelegedés (és emiatt a kigázosodás) üteme a magon *a helyi idő szerint késő délutáni területeken* éri el a maximumot. Nyilván ekkor lesz a kiáramló gázok reaktív ereje is a legnagyobb. Ez azt jelenti, hogy — a mag forgásirányától függően — a kiáramló gázok reaktív hatása *fékezi* vagy éppen *gyorsítja* az üstököst: amikor például a kiáramló gázok az üstökös mozgásával ellentétes irányú reakcióerőt fejtenek ki, a pálya fél nagyí tengelye csökken, és emiatt az objektum korábban érkezik meg a perihéliumpontba. Ez a helyzet az Eneke-üstökösnél.

A valóságban a helyzetet tovább bonyolítja *a forgástengely precessziója*, illetve az üstökös magra visszahulló *porszemcsék fényelnyelése*. Ezért jelenleg ott tartunk, hogy viszonylag jó, kvalitatív képünk van a nem-gravitációs erők hatásairól, de a *pontosan számítható összefüggések* feltárására még várunk kell . . .

Az üstökösök jégkomponensének szublimációja a Naptól számított kb. 3 cs. e. távolságban a CO_2 felszabadulásával indul meg. A H_2O kigázosodására kb. 1,5 cs. e. távolság elérése után kerül sor. A szublimáló molekulák (a mag felszínét elhagyva) egy nagyjából sugárirányban *távoluló gázburkot* hoznak létre: kialakul a kóma. Ezzel párhuzamosan megnő az üstökös fejének a fényessége is.

Az üstökös fejének a *Földről megfigyelhető fényességét* a következő tapasztalati képlettel írhatjuk le:

$$m = m_0 + 5 \log \Delta + 2,5 n \log r,$$

ahol m : az üstökös fejének látszó fényessége; m_0 : az üstökös fejének abszolút fényessége (gyakran redukált fényességnek is nevezik), értéke egyenlő a Földtől és Naptól egyaránt 1 cs. e. távolságban levő üstökös látszó fényességével; Δ : az üstökös Földtől mért távolsága (cs. e.-ben); r : az üstökös Naptól mért távolsága (cs. e.-ben); n : aktivitási állandó, mely az üstökös és a napsugárzás kölcsönhatására utal, értéke $2 < n < 6$ határok között változik, általában $n \sim 4$.

Hosszú ideig azt hitték, hogy az üstökös fénye elsősorban a *fluoreszcencia* következménye. 1957-ben azonban a Mrkos-üstökös színeképében az oxigén egyik színeképvonaláról kiderült, hogy *rekombinációs eredetű*. (Azaz a fény akkor sugárzódik ki, amikor az ionizált oxigénatom elektronbefogással ismét semlegessé válik.) 1973-ban a Kohoutek-üstökös beható vizsgálata után kiderült, hogy a fluoreszcencia mellett jelentős szerepet játszik a rekombináció, az elektronok gerjesztésével együttháró *fotodisszociáció*, az *ütközési gerjesztés és a kemolumineszcencia*.

A szublimált, úgynevezett „*anyamolekulák*” a napfény ionizáló, ultraibolya komponensének — és kisebb részben a napszél részecskéinek — hatására disszociálnak és ionizálódnak (fotodisszociáció, foto-

ionizáció). Következésképpen a magtól számított 10^3 km-re (ez természetesen a naptávolságtól is függ) az *anyamolekulák többsége már molekulagyökökre és részben semleges, részben ionizált atomokra bomlik*. A fotodisszociáció során felhasználódó energia egy része erősen felgyorsítja a keletkező részecskéket. Így a kóma külső vidékein a tágulási sebesség erősen megnő. Az atomos hidrogén például 8–20 km/s-os sebességet is elérhet, a mag közvetlen közelében feltételezett alig pár száz m/s-os kigőzölgési sebességhez képest. Ezzel a jelenséggel magyarázhatjuk az üstökösök nemrégiben felfedezett, igen kiterjedt *hidrogénkómájának* a kialakulását is.

A kómában lezajló ionizációs és disszociációs folyamatok miatt az anyamolekulákat még szinképelemzéssel sem lehet megbízhatóan kimutatni. Máig csak a H_2O , HCN és a CH_3CN jelenlétéről tudunk. Ezeken kívül lehetségesek még a CO , CO_2 , CH_4 , NH_3 , SO_2 stb. molekulák is. Ezekre elsősorban a kóma szinképében azonosítható *utód molekulákból* következtethetünk. A 4. táblázat a kóma spektroszkópai úton meghatározott összetevőit tartalmazza; a 3. ábra mutatja egy üstökös metszetét.

4. táblázat

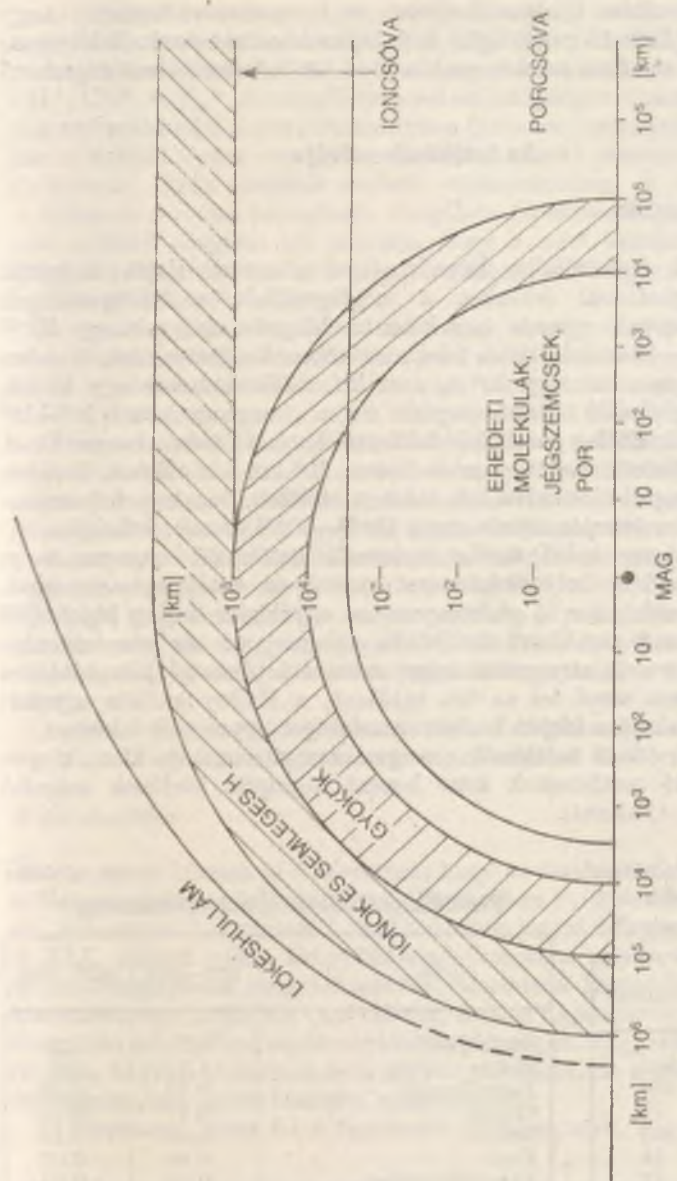
A kóma és a csóva összetevői

szerves	C, C_2 , C_3 , CH, CN, CO, CS, HCN, CH_3 , CN
szervetlen	H, NH, NH_2 , O, OH, H_2O
fémek	Na, Ca, Cr, Co, Mn, Fe, Ni, Cu, V, Si
ionok	CH^+ , CO^+ , CO_2^+ , CN^+ , N_2^+ , OH^+ , H_2O^+
por	szilikátok

Megjegyzés: a Kohoutek (1975 XII) üstökös és a Bradfield (1974 b) üstökös esetében rádiócsillagászati módszerekkel a NCN , CH_3CN , H_2O jelenlétét is kimutatták.

Ezekon kívül kétségtelenül más komponensek is lehetnek. Ismeretük nélkülözhetetlen lenne a mag illóanyag-tartalmának a pontos leírásához. Mivel a kigázosodási folyamatok időskálája olyan, hogy az *anyamolekulák csak 10^2 – 10^5 s-ig, míg az utód molekulák 10^6 s-ig figyelhetők meg a kómában*, további előrelépés csak a helyszíni vizsgálatoktól remélhető.

A kómában végbemenő folyamatok közül igen érdekesek az *üstökös-plazma és a napszél kölcsönhatásai*. E folyamatokban csatoló tényezőként szerepet játszik a *bolygóközi mágneses tér*. Az üstökösplazma és a napszél egy úgynevezett *lökéshullámfrontban* érintkezik egymással. Ezen belül helyezkedik el az *ionopauza*, amelyben a plazma stacionárius, vagy a csóva felé áramlik. Az utóbbi időben végzett megfigyelések szerint a kóma körüli *plazmaáramlások* (illetve több áttételen keresztül



3. ábra. Egy üstökös típusú szerkezele

az ezzel kapcsolatos lökeshullámfront- és ionopauza-változások) nagy léptékű és jól látható morfológiai átalakulásokhoz vezetnek. E folyamatok kutatása azonban szintén csak a jövő üstökösszondáival végezhető el hatékonyan.

Az üstökösök csóvája

Általános jellemzők

Az üstökösök legfeltűnőbb képződménye a csóva. Rajta keresztül szinte gyengítetlenül érkezik a megfigyelőhöz a háttércsillagok fénye. A csóvának ugyanis *igen kicsi az átlagsűrűsége*, mintegy 10^{-22} g/cm³, ami 1—10 molekulának felel meg köbcentiméterenként. A csóva tömege átlagosan mintegy 10^5 t, s ez kb. milliomodrésze egy 10 km átmérőjű, jégből álló üstökösmagnak. Ez a tömeg egy közel 10^6 — 10^7 km hosszú, közelítőleg *paraboloid* felülettel határolt térrészben oszlik el. Nagyobb üstökösök esetén a csóva hossza 10^8 km-t is elérhet. A csóva sűrűsége a magtól távolodva fokozatosan csökken, és szinte folyamatosan megy át az *interplanetáris anyag* 10^{-22} — 10^{-23} g/cm³ sűrűségébe.

A Naprendszer belső terébe betévedő üstökösök *anyagvesztése* „szennyezi be” a bolygóközi teret porral és üstökösgáz-anyaggal. (Az interplanetáris tér fő gázkomponense egyébként a Nap légköréből ered.) A hosszú periódusú üstökösök átlagos por- és gázvesztése 20 t/s. Néhány erős anyagvesztést mutató üstökös gázkibocsátására jellemző adatot sorol fel az 5/a táblázat, a Halley-üstökös egyszeri (1910-es) áthaladása idején leadott vesztést egységnek tekintve.

A rövid periódusú üstökösök anyagvesztési mutatója kicsi, kivéve néhány, rövid periódusúak közt hosszú keringési idejűnek számító üstököst (5/b. táblázat).

5/a. táblázat

Üstökösök
anyagvesztése*

üstökös	gázvesztés
1577	660
1729	165
1744	71
1747	56
1402	54
1811	51

* Egység = 1,5 t/s

5/b. táblázat

Periodikus üstökösök anyagvesztése*

üstökös	1770—1870	1870—1970
Swift-Tuttle	1,2	1,2
Halley	1,0	1,0
Pons-Brooks	0,70	0,24
Olbers	0,47	0,30
Encke	0,44	0,16
Faye	0,40	0,07
Pons-Winnecke	0,10	0,04

* Egység = 1,5 t/s

Az interplanetáris anyag „üstökösanyaggal” való feldúsulásához a gázkomponens elsősorban CH, CN, CO, OH, NH, NH₄, C₂, C₃, H₂O molekulákkal járul hozzá. Az ionkomponens járuléka a CO⁺, CO₂⁺, CH⁺, CN⁺, és N₂⁺. A bolygóközi teret az üstökös por mintegy négy nagyságrend szélességű mérettartományban (μm–cm) szennyezi. A poranyagban a *szilikát típusú szemcsék* mellett μm méretű *fém szemcsék* is előfordulhatnak. Ezek üstökös eredetű meteoritokban is kimutathatók. A kóma és a csóva anyagának vizsgálata (spektroszkópiai és polarizációs mérések alapján) azt mutatja, hogy a mért kémiai összetételnek megfelelő összetétel várható el egy csillaggá és bolygórendszerre összehúzó gázfelhőtől.

F. A. Bregyihin a múlt század végén *morfológiai típusokba* sorolta az üstökösök csóváit. E szerint I. típusú csóvák felelnek meg az egyenes, közel a rádiuszvektorokkal ellentétes irányba mutató *ioncsóváknak*, a II. típusúak a durva, míg a III. típusúak a finom *porcsóváknak*.^{*} Az I. típusú csóvák lényegében a napszél és az üstökös plazma kölcsönhatásából alakulnak ki. A II. és III. típusú porcsóvák a napszél és az ioncsóva komponens kifelé irányuló taszító hatása, valamint a sugárnyomás és a gravitáció együttes hatására jönnek létre.

Az *ion- és porcsóva közti kölcsönhatás* a magtól nem nagy távolságban, a kómához közel érvényesül, amikor még nem vált külön a két csóvatípus. A magtól nagy távolságra ugyanis a por komponens mintegy lemarad a pályán mozgó maghoz (és a közel rádiuszvektor irányú csóvához) képest. Itt már nincs közvetlen kölcsönhatás a két csóvatípus közt.

A gázcsóvák jelenségei érdekes és bonyolult *plazmafizikai effektusokra*, a porcsóváké pedig különböző *szórási jelenségekre* hívják fel a figyelmet.

A plazmacsóva

Már az ókori kínaiak is észrevették, hogy az üstökösök csóvája általában a *Nappal ellentétes irányba* mutat. Európában P. Apianus (1495–1552) az „Astronomica Caesarum” című művében jegyzi meg ugyanezt a tényt. A XIX. század végén Bregyihin foglalkozott a csóvák keletkezésének és morfológiájának magyarázatával. Szerinte a kómából eredő anyagiáramlást egy „*repulzív*” erő okozza, amit a napsugár nyomása fejt ki. Bregyihin (elsősorban a porcsóvák tulajdonságait magyarázva) mutatott rá arra, hogyan alakulnak ki a *görbült porcsóvák*, de a gázcsóvák tulajdonságaira nem adott kielégítő magyarázatot.

L. Biermann hívta fel a figyelmet 1951-ben arra, hogy az üstökösök

^{*} Ld. Szimán Oszkár: „Az üstökösök szerkezete” c. cikkét (Csillagászati Évkönyv 1974, 170. oldal).

ioncsóvájának kialakulásában a napszélnek van jelentős szerepe. Biermann (elméleti számításai ellenőrzésére) a plazmacsóvakban megfigyelhető csomósodások gyorsulásának mérését használta fel. Ezzel a módszerrel követni tudta a csóvák térbeli alakját és a bennük végbemenő mozgásokat. Megállapította, hogy az *ioncsóvák tengelyének iránya kis szöget zár be a rádiuszvektor irányával*, mégpedig oly módon, hogy a csóva kissé lemarad az üstökös mozgási irányához képest. Ez a jelenség a *dinamikai aberráció*.

(A plazmacsóváknál arról van szó, hogy a napszél és az üstökös-plazma különböző irányban és sebességgel mozog, e két hatás eredőjeként alakul ki a plazmacsóva. A kb. 450 km/s sebességű napszél — amelynek radiális irányú sebességkomponense az azimutális irányút sokszorosan fölülmúlja — szinte a rádiuszvektorral ellentétes irányba fújja ki az üstökösplazmát. Mivel az üstökösök pályamenti sebessége kb. 30—70 km/s, ezért a csóvák a fent említett irányban térnek ki. Az aberráció szöge az esetek többségében 0—6 fok között van.)

A napszél sebessége a napaktivitás növekedésekor fokozódik, és lecsökken, ha a napaktivitás is csökken. (A megfigyelések alapján általában 200—1200 km/s közötti értékek adódnak. Az alacsonyabb heliografikus szélességeknél a napszél intenzívebb, bár az üstökösök megfigyelése azt mutatja, hogy az ioncsóvák magas heliografikus szélességeik felett is ugyanolyan viselkedést mutatnak, mint az alacsonyabb szélességeken. Az üstökösök észlelése révén a csóva kialakításában a napszél hatása kb. 2 cs. e. távolságban mutatható ki. Ha nem a csóva geometriai szerkezetét vizsgáljuk, hanem a CO^+ -emissziót, akkor már 5—6 cs. e.-nél is észrevehető a napszél hatása (például a Humason 1961 e üstökös esetén). Problémát jelent, hogy az ekvatoriális napszél paraméterei eltérnek a poláris napszélétől.

A napszél és az üstökösök közti kölcsönhatás vizsgálatára háromféle földi megfigyelési módszer jöhet számításba:

- *A fényességfluktuáció megfigyelése.* E. D. Miller 1976-ban vizsgálta e módszer alkalmazhatóságát, de arra a következtetésre jutott, hogy nem adódnak jól felhasználható eredmények.
- *A csóvakban megfigyelhető csomók és hurkok vizsgálata.* A csomók és hurkok a csóva mentén mozognak. A mozgási sebesség és a gyorsulás vizsgálata elvben lehetőséget nyújt a plazmacsóvák kinetikai tulajdonságainak tanulmányozására. A finomszerkezet ugyanis visszatükrözi a napszél jellemző paramétereit, és azok rövid időskálájú változásait. Jelenleg ezt az információt nem tudjuk teljes egészében felhasználni, mert nincs kielégítő egyezés a megfigyelések és az elmélet között.
- *A csóva térbeli elhelyezkedésének vizsgálata.* Az aberráció szögét mérve a napszél sebessége kiszámítható. Ismerni kell a csóva nagyléptékű

szerkezetét és a tengely irányát. A három módszer közül ez jelzi legréálisabban a napszél tulajdonságait.

Jelenlegi ismereteink szerint az üstökösplazma és a napszél plazmája között a következő kölcsönhatás megy végbe: a napszél- és az üstökösplazma találkozásánál, a magtól mintegy 10^6 km távolságban kialakul az első lökéshullámfront. Ez választja el egymástól a napszél- és az üstökösplazmát. A mag köré kialakult plazmaburkot — mint egy „szuperszonikus folyadékba helyezett golyót” — körülölel a napszél plazmafolyadéka, és úgy deformálja, hogy az üstökösplazma a Nappal ellentétes irányba megnyúlik. Az érintkezési felületen a plazmák torlónyomása egyenlő, s a napszél sebessége gyakorlatilag zérusra csökken. Stacionárius esetben egy nyugodt áramlatú kép alakul ki, amelynek megfigyelhető eredménye a csóva (4. ábra).

Mivel az üstökösök esetén nincs számottevő kezdeti mágneses tér, az üstökös–napszél kölcsönhatás inkább a kevésbé mágneses bolygók és a napszél közti kölcsönhatáshoz hasonlítható (pl. a Vénusz ionoszférája és a napszél közötti közvetlen kölcsönhatáshoz). A főcsóva azonban nem teljesen stacionárius, vannak időben gyorsan változó jelenségei, mint például a mozgó, sőt gyorsuló csomók. Ezenkívül plazmainstabilitásokkal kapcsolatos hurkok és csavarvonalas képződmények is megfigyelhetők.

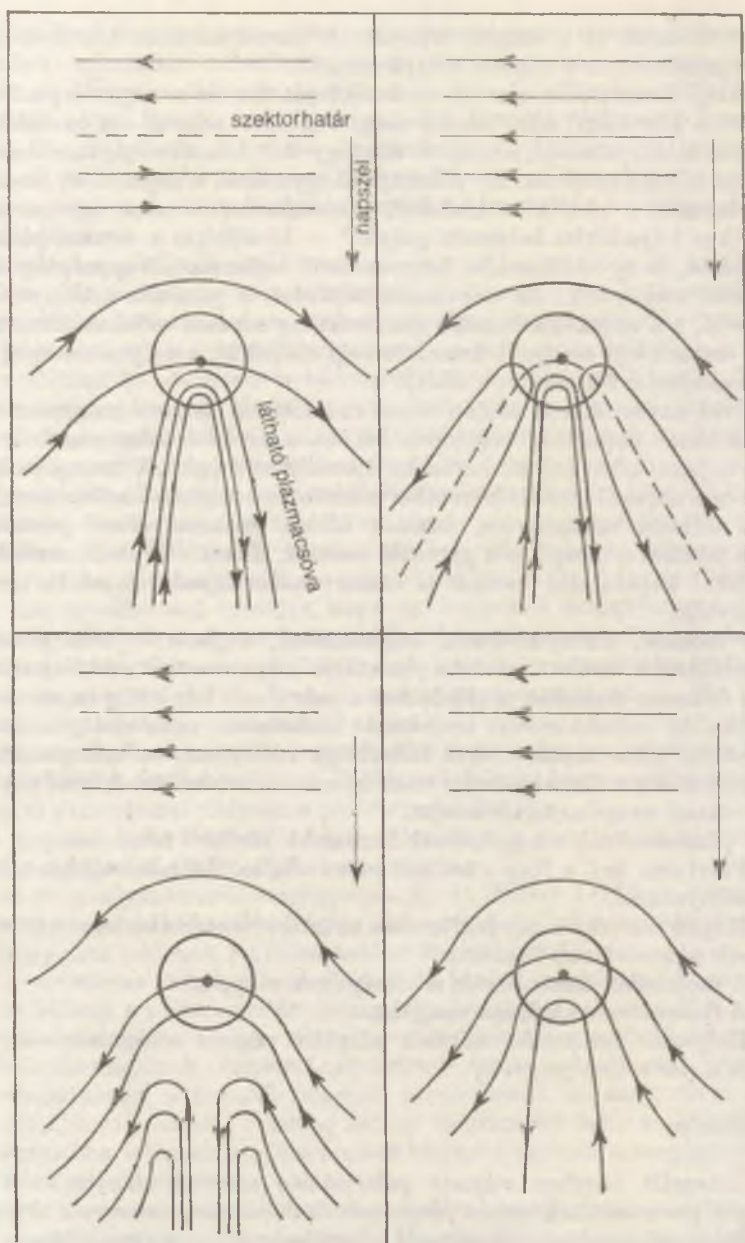
A csomók, kifényesedések, csigavonalak, hurkok és más plazmainstabilitások mellett az interplanetáris mágneses tér szektorhatárára való átmenet szakadást is előidézhethet a csóvában. Bár eddig az anomális viselkedést mutató csóvák természete korántsem tisztázódott, kapcsolat fedezhető fel a napszél rövid időskálájú változásai, az interplanetáris mágneses tér szektorhatárain való átmenetek és az üstökös csóvákban mutatkozó irregularitások között.

A plazmacsóvák vizsgálatának fontosabb jövőbeli feladatai:

- Folytatni kell a Nap–üstökös plazmafizikai kölcsönhatások tanulmányozását.
- Milyen mértékű a gáz feldúsulása az interplanetáris térben az üstökösök gázcsóváinak hatására?
- A molekulák disszociációs sebességeinek vizsgálata.
- A fluoreszcens sugárzás vizsgálata.
- Helyszíni űrszondás mérések alapján végzett vizsgálatok a gáz és a por sebességtéréről.

A porcsóva

Az integrált fényben végzett polarizációs mérések alapján kiderült, hogy a porrészecskék esetén fényszórás és diffúz fényvisszaverés történik. (A fényszórás esetén a megfigyelő irányába szórt fény intenzitása a fá-



zisszögtől is függ.) A porkomponens elsősorban a folytonos színekben jelentkezik. A látható színekértartományra vonatkoztatott részletes polarizációs mérésekét először az 1919 III és 1835 III (Halley-) üstökösökre végezték el. Később például az 1881 III üstökös esetén 23%-os, az 1881 IV esetén 13%-os polarizációt mértek. Az 1927 II üstökösre fotografikus és vizuális úton átlagosan 10—12% polarizáció adódott.

Az Arend—Roland (1957 III)-üstökösnél végzett polarizációs mérések szerint a folytonos színekben a polarizációs görbe a *vasmeteoritok* esetén mérhető polarizáció (polarizáció — fázisszög függvény) megfelelője. Más vizsgálatok inkább azt erősítik meg, hogy a *porkomponens főleg dielektromos anyagokból (kőzetekből) áll*. A porszemcsék karakterisztikus mérete a 0,1 μm -tól a milliméter-centiméteres tartományig terjed.

Erre utal az a tény is, hogy a csóva által a Nap fényéből visszavert komponensből a *kék színű összetevő hiányzik*. Ez az elvörösödés onnan ered, hogy a finom porrészecskék a kék sugarakat jobban szórják, mint a vöröseket. Az olyan üstökösöknél, ahol a Nap sugárnyomása már „kifújta” a finom komponenst, elvörösödés nem lép fel.

Az infravörös tartományban végzett mérések is azt támasztják alá, hogy a *porrészecskék a visszaverési tulajdonságaikat tekintve inkább a kőzetekhez állnak közelebb*. E porszemcséknek az a tulajdonsága, hogy bizonyos hőmérséklet (mintegy 1500 K) felett elgőzölögnek. Néhány üstökös infravörös megfigyelései alapján kimutatták a *vasszemcsék* infravörös jellemzőit, a 10 μm -nél fellépő *szilikátszemcséktől* származó emissziót, valamint a *grafit* hatását.

A Bessel—Bregyihin—Lebegyev-féle mechanikai elmélet alapján a porkomponensekre elsősorban a gravitációs és a repulzív erő (sugárnyomásból adódó szakítóerő) hat:

$$\text{eredő erő} = \text{gravitációs vonzóerő} + \text{repulzív erő}$$

A porrészecskék alkotta porcsóva tulajdonságait ma még kevésbé ismerjük. Ezért a jövőben *közvetlen* mérésekre van szükség. Megállapítandó:

- A porkibocsátás üteme.
- A porvesztés üteme.
- A por szórási és visszaverődési jellemzői.
- A por- és gázkomponens kapcsolata, a sebességmezők feltérképezése.

4. ábra. A plazmacsóva találkozása a napszéllel a szektorhatáron való átmenetkor

A NAP OSZCILLÁCIÓI

Ismert tény, hogy a csillagok jelentős hányada életük bizonyos részében *fényességváltozást* mutat. Az észlelési technika fejlődésével a csillagok egyre szélesebb osztályáról bizonyosodott be, hogy változó. Ma már nehéz lenne pontosan definiálni, hogy mit is értünk változócsillag alatt. Régebben csak a néhány század magnitúdónál nagyobb amplitúdójú fényességváltozást mutató csillagokat sorolták a változók közé (szupernóvák, nóvák, törpenóvák, nóvaszerű változók, szemireguláris csillagok, mirák, cefeidák, RR Lyrae csillagok, fedési kettőscsillagok). A *fotoelektromos észlelési technika* bevezetésével azonban lehetővé vált a 0,001 magnitúdós relatív fénymérési pontosság elérése! Sorra kapták a pontosabb fénygörbéket a már ismert változókról, és egyre nőtt az újonnan felfedezett kis amplitúdójú változók száma is (β Cephei, δ Scuti csillagok).

A *mikroprocesszorok* és a *kétsatornás észlelési technika* megjelenése újabb lendületet adott a változócsillag-kutatásnak. Az 1—100 adat/s sebességgel történő adatgyűjtés lehetővé tette a változó fehér törpék felfedezését. Amplitúdójuk 0,2—0,001 magnitúdó, periódusuk 15 perc és 10 másodperc között van. Egyesek fényváltozása nagyon bonyolult, és éppen ezért általában még jelentős észlelési anyag szükséges a fényváltozás stabilitásának vizsgálatához. Számuk jelenleg 31, de ez az érték a jövőben még biztosan nőni fog.

Nem említettük még a rádió-, spektrális, röntgen- és a γ -sugárzás-tartományában változást mutató csillagok osztályát. Nem kevés az olyan objektumok száma, amely *egyszerre többféle változást* mutat (pl. az ún. röntgenkettősök egy részénél fényesség-, spektrum- és röntgensugárzás-változás, a β Cephei típusú csillagoknál a színképvonalprofilok és a fényesség egyidejű változása figyelhető meg).

A fényességváltozás oka többféle lehet. Viszonylag egyszerű az az eset, amikor csupán a *geometriai viszonyok* miatt következik be fényességváltozás (fedési kettősök). Bonyolultabb a helyzet, ha a csillag felületén *folttévékenység* történik, és emiatt változik a fényesség (RS CVn

típusú csillagok), vagy ha *anyagbeáramlás* okoz fényességváltozást (szoros kettősök), végül ha a *csillag egyensúlyi állapotában* következik be hirtelen valamilyen zavar (eruptív változók, flércsillagok).

Jelenlegi elképzeléseink szerint a változócsillagok egy széles osztályánál, az ún. *pulzáló változócsillagoknál* a fényességváltozást a csillag egész anyagának pulzáló, rezgő jellegű mozgása okozza.* Klasszikusan a mirákat, a cefeidákat, a δ Scuti és az RR Lyrae típusú csillagokat szokták ide sorolni. Nagy valószínűséggel ebbe az osztályba tartoznak még a β Cephei típusú csillagok és a változó fehér törpék is. A klasszikus pulzáló változók a Hertzsprung–Russell diagramon egy, a fősorozat felett húzódó aránylag keskeny sáv mentén, az ún. instabilitási zónában helyezkednek el. A pulzáció gerjesztéséért a csillag fotoszférája alatt elhelyezkedő különböző ionizációs zónák a felelősek. Hasonló mechanizmus lehet okozója a β Cephei és a fehér törpe csillagok változásának is, bár ez még korántsem tisztázott.

Ha egy egyensúlyban levő gázgömböt egyensúlyi állapotából kimozdítunk, általában nagyon bonyolult rezgőmozgást végez, amely során egyedi tömegelemei *tetszőleges* irányban mozdulhatnak el (nemradiális oszcilláció). Eddigi észleléseinkkel nincs ellentmondásban az a feltevés, hogy a változócsillagok egy jelentős része (a cefeidák, az RR Lyraek, a δ Scuti csillagok egy része, a mirák) egy, az előbbinél egyszerűbb rezgőmozgást végeznek, amely során a csillag anyaga *csak a csillag sugarának irányában* mozdul el (radiális pulzáció). A δ Scuti, β Cephei és a fehér törpe csillagok jelentős hányada viszont feltehetően nem-radiálisan pulzál, amint erre a színeképvonalak speciális változása és a fénygörbe Fourier-spektruma utal.

A β Cepheik, a változó fehér törpék és a nagyszámú (jelenleg kb. 110 db) kis amplitúdójú δ Scuti csillag fényváltozásának tanulmányozása megmutatta, hogy a csillagpulzáció rendkívül sokoldalú, változatos és nem egyedi jelenség. Ha figyelembe vesszük, hogy tulajdonképpen csak igen kevés (eddig állandó fényűnek feltételezett) csillagról van néhány század magnitúdónál pontosabb mérésünk, felvetődik a kérdés, hogy *a jövőben nem fog-e még jobban kiszélesedni a pulzáló csillagok már amúgy is igen változatos osztálya.*

A pulzációelmélet jelenleg nem áll azon a szinten, hogy meg tudnánk mondani, bizonyos csillagok *életük mely szakaszában* válnak pulzáló csillaggá. Jelenleg tehát főleg a megfigyelésekre támaszkodhatunk. Az elkövetkezőkben röviden összefoglaljuk azokat az észlelési eredmé-

* A pulzáló változócsillagokkal kapcsolatban ld. Szabados Lászlónak az 1977-es Csillagászati Évkönyvben és Szeidl Bélának a Fizikai Szemle 1981/4. számában megjelent cikkét.

nyeket, amelyek erősen azt sugalmazzák, hogy a mi Napunk is pulzáló csillag, bár ez a folyamat jelentősen eltér a klasszikus cefeida-típusú pulzációtól, s nehezen találunk hozzá hasonlót a már ismert pulzáló csillagok között.

Mivel mai felfogásunk szerint a Nap megfigyelt oszcillációinak nagy része *nemradiális pulzáció*, először a nemradiális csillagoszcilláció elméletével, valamint az ehhez csatlakozó két fontos fogalommal, a „ $k-\omega$ ”-diagrammal és a hullámterjedési diagrammal foglalkozunk. Csak ezek után térünk rá a tulajdonképpeni Nap-oszcillációkra és azok elméleti magyarázatainak ismertetésére. Mindvégig a néhány órától néhány percre terjedő időskálán megfigyelt oszcillációkra korlátozódva, nem foglalkozunk a Nap forgásából és a 11 éves ciklusból származó változásokkal, így magával a 11 éves ciklussal sem. Végül röviden összefoglaljuk az ismertetett oszcillációk főbb tulajdonságait és jelentőségét, valamint az ezen a területen történő jövőbeli kutatások várható irányait.

A csillagok nemradiális oszcillációja

Képzeljünk el egy *nem forgó, mágneses térrel nem rendelkező, hidro- és termodinamikai egyensúlyban levő csillagot*. Tegyük fel, hogy a csillag valamilyen módon egy tetszőleges (de még a csillag széteséséhez nem vezető) perturbációt, zavart szenved. Ennek hatására a csillag kimozdul korábbi egyensúlyi állapotából, és részei bonyolult mozgásba kezdenek, melyet általában csak igen komplex differenciálegyenletekkel írhatunk le, s melyek megoldása rendkívüli nehézségekbe ütközik. Tovább kell tehát egyszerűsíteni a problémát — lehetőleg annyira, hogy már aránylag jól kezelhető legyen matematikailag (legalábbis numerikusan), de még ne vesszen el a jelenség lényege.

Egyszerűsítő feltételek

Egyik ilyen egyszerűsítés annak feltételezése, hogy a mozgás *adiabatus* körülmények között megy végbe. Ez nem látszik túl szigorú kikötésnek, hiszen tudjuk, hogy a csillag csak a legkülső, vékony rétegében mutat jelentős eltérést az adiabatikus állapottól.

Másik feltevésünk, hogy a perturbáció olyan kicsi volt, hogy az egyenletekben elég csak az elsőrendű tagokat meghagyni, a magasabb rendűek hatása elhanyagolható (*lineáris közelítés*). Ez az egyszerűsítés sem tűnik túl szigorúnak, hiszen például egy átlagos cefeida relatív sugárváltozása nem nagyobb, mint kb. 0,1.

Harmadszor tegyük fel, hogy a csillag energiatranszportja teljes egészében a *sugárzásból* ered, és a konvekció nem ad jelentős járulékot

ehhez. Tudjuk, hogy a csillagok jelentős részénél, így a Napnál sem igaz ez a feltevés, mégis az alapvető eredményekhez a konvekció elhanyagolásával is eljuthatunk.

Összefoglalva: a mágneses tér, a forgás és a konvekció elhanyagolásával lineáris adiabatikus közelítésben olyan lineáris parciális differenciálegyenlet-rendszerre jutunk, amelynél az egyes fizikai mennyiségek térkoordinátáktól és időtől függő része szeparálható, sőt még a térkoordinátáktól függő rész is szétesik a sugártól (r) és a Θ , Φ polárszögektől függő részre.

A sűrűségperturbáció tehát így írható fel:

$$\Delta \varrho = \varrho'(r) \cdot Y_l^m(\Theta, \Phi) \cdot \exp(-i\sigma t), \quad (1)^*$$

ahol $\varrho'(r)$ a sűrűségperturbáció sugártól függő része, $i = \sqrt{-1}$, $\sigma = 2\pi/P$ a rezgés frekvenciája (P jelzi az oszcilláció periódusát), $Y_l^m(\Theta, \Phi)$ az l , m értékekhez tartozó szférikus harmonikus függvény (1. ábra). Itt minden l értékhez $2l+1$ db m érték tartozik, vagyis: $l = 0, 1, 2, \dots$; $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$.

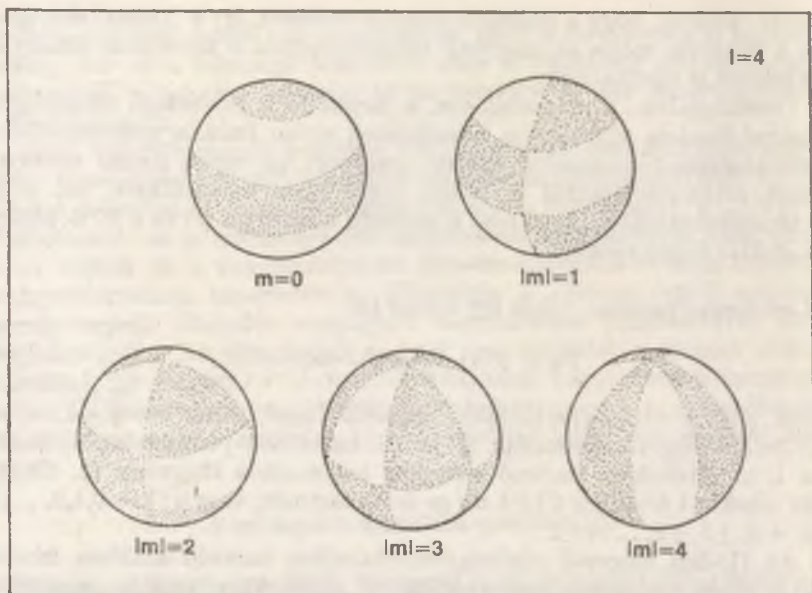
Az (1)-ben szereplő sűrűségperturbációhoz hasonló alakban írható fel a többi mennyiség perturbációja is, amelyekben szintén szerepelni fognak az illető mennyiségek sugártól (r) függő részei. Ezek viszonylag egyszerű kapcsolatba hozhatók egymással (a folytonossági- és az állapotegyenleten keresztül), így végül csak az *elmozdulásvektor radiális komponensére* (ξ_r -re) kapunk egy differenciálegyenletet, amelyhez még megfelelő *határfeltételek* is csatlakoznak (pl.: az elmozdulásvektor zérus a középpontban, a nyomásperturbáció zérus a csillag felszínén).

Az (1) egyenletben szerepel azonban a σ is, amelynek *csak bizonyos diszkrét értékeinél* kapunk az egyenletet és a határfeltételeket egyaránt kielégítő megoldást! Az elmozdulásvektor radiális komponensére vonatkozó sajátérték-probléma (bonyolultsága miatt) csak numerikusan oldható meg. Egy adott egyensúlyi csillagmodellből kiindulva, s megadva egy l -értéket, kiszámíthatjuk a *csillag sajátrezgéseinek* frekvenciáit ($\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \dots$). Fontos dolog, hogy a sajátfrekvenciák függetlenek m -től, ha a csillag nem forog és nincs erős mágneses tér.**

Az elmozdulásvektor radiális komponensének (ξ_r) és a sajátfrekvenciának (σ_0) az ismerete azután már egyszerűen, további differenciálegyenlet megoldása nélkül elvezet a *többi mennyiség radiális részének*

* Ebben és a további képletekben $\exp \dots$ az exponenciális (e^{\dots}) függvényt jelöli.

** Forgás esetén első közelítésben az egyes frekvenciák $2l+1$ db ekvidisz-tans frekvenciára esnek szét, melyek egymástól való távolsága függ a forgás szögsebességétől, az adott sajátrezgéstől és a modelltől.



1. ábra. Hogy a nemradiális oszcillációt kissé szemléletessé tegyük, feltüntetjük az $l = 4$ -hez tartozó szférikus harmonikus függvények sematikus képét. Az üres, illetve sátozott területek ellentétes fázisban levő részekként tekintendők (pl.: alacsony—magas hőmérsékletű vagy kis—nagy sűrűségű területek).

Ha l értékét növeljük, nő a csillag felületén az ellentétes fázisú területek száma, a pulzáció egyre bonyolultabbá válik. A valóságban a kép még összetettebb, hiszen a pulzáció időbeli változása miatt az ellentétes fázisú területek állandóan szerepet cserélnek, s általában többféle sajátrezgés együttesen építi fel (különböző l, m értékekkel) a teljes pulzációt

kiszámításához, s így a probléma már elvileg megoldott, hiszen az általános megoldás az így kapott sajátmegoldások (vagy másképpen pulzációs módusok) lineáris kombinációja lesz.

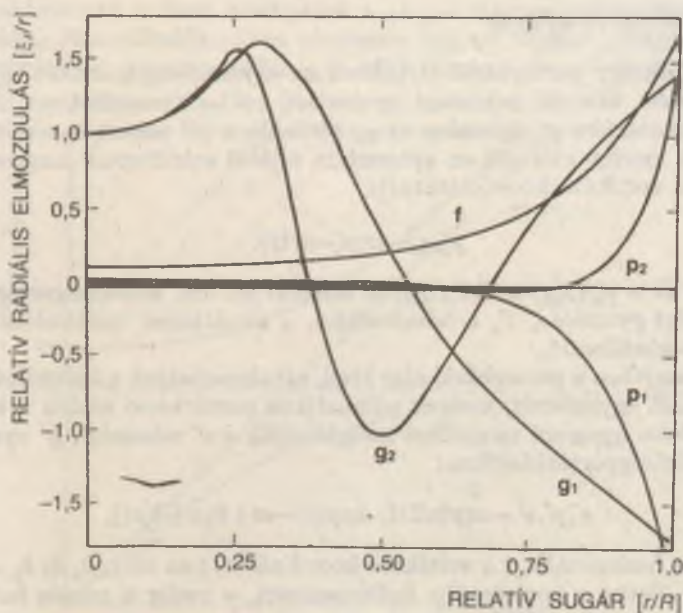
Vizsgáljuk ezek után az elmozdulásvektor radiális komponensének (ξ_r) főbb tulajdonságait! Ebből azután már levezethetők a fizikai mennyiségek sugártól függő részének tulajdonságai is. Látni fogjuk, hogy ez a pulzációs módusok igen lényeges osztályozásához vezet el.

A pulzációs módusok

A középponti határfeltétel (ti., hogy az elmozdulás zérus) miatt ξ_r értéke először kicsi, majd a középponttól kifelé haladva nő. Attól függően, hogy ξ_r melyik sajátállapotnak felel meg, a csillag sugarának eléréséig

többször is zérus lehet és előjelet válthat, ami azt jelenti, hogy a csillag egyes belső részei tágulnak, míg mások összehúzódnak vagy nyugalomban maradnak. Az alaprezgésben csak a középpontban van egy csomópont (nyugalmi állapot), míg a j -edik sajátállapotban j db csomópont van a középpont és a sugár között.

Az egyensúlyi helyzetéből kimozdított tömegelemre a csillag belsejében kétféle visszatérítő erő hat: a gáznyomásból és a gravitációból származó erő. Amennyiben a nyomásból származó erő a meghatározó egy adott sajátrezgés létrehozásában, úgy az illető pulzációs módot p - (pressure) módnak, amennyiben a gravitáció a jelentősebb, úgy g - (gravity) módnak hívjuk. Fontos jellemzőjük a p -módusoknak, hogy növekvő módusszámmal az illető sajátrezgés frekvenciája is nő, míg a g -módusoknál fordítva, csökken. A p -módusok főleg a csil-



2. ábra. Egy 10 naptömegű zéruskorú főszorozati (ZAMS) csillagmodell esetén számított radiális elmozdulások sugártól való függése az f -, p_1 -, p_2 -, g_1 -, g_2 -módusokra. Mivel a sajátfüggvények csak egy konstans szorzó erejéig határozhatók meg, a függvények alakja, nem pedig a tényleges értékük érdekes.

Az ábrából jól látható, hogy a g -módusok ebben a modellben a centrumhoz közel is nagy amplitúdóval rezegnek, míg a p -módusok gyakorlatilag csak kb. a sugár $3/4$ részétől érnek el jelentős amplitúdót.

lag külső zónáiban érnek el nagy amplitúdót, míg a g-módusok inkább a csillag belsejében (2. ábra). A p- és a g-módusokon kívül meg szokás említeni még az *f*-(fundamental) módot is, amelyre az jellemző, hogy a ξ_r sajátfüggvényének a középponton kívül nincs más csomópontja.

Bár a valóságban a módusok osztályozása korántsem olyan egyszerű, mint azt vázoltuk (főleg bonyolultabb modellek és nagy módusszám esetén), az említett séma mégis hasznos, mert lehetőséget ad a sajátrezgések viszonylag egyszerű áttekintésére.

Említettük, hogy (egy adott kiindulási modell esetén) a sajátrezgések frekvenciái attól függenek, hogy az adott sajátrezgés a csillag hányadik módusának felel meg és hogy mekkora az l értéke. A rezgés frekvenciája, horizontális és sugárirányú hullámszáma között tehát létezik egy diszperziós összefüggés. Az elkövetkezőkben ezt az összefüggést fogjuk egy kicsit részletesebben megvizsgálni.

A diszperziós összefüggés

Vizsgáljuk egy perturbáció terjedését az egyszerűség kedvéért egy sík, izotermális, állandó nehézségi gyorsulású csillagatmoszférában. A statikus atmoszféra p_0 nyomása és ρ_0 sűrűsége a jól ismert barometrikus formula szerint változik az atmoszféra aljától számított z magassággal (tehát a vertikális koordinátával):

$$p_0, \rho_0 \sim \exp(-z/H), \quad (2)$$

ahol a $H \equiv p_0/(\rho_0 g) \equiv RT_0/(\mu g) =$ állandó az ún. skálamagasság, g a nehézségi gyorsulás, T_0 a hőmérséklet, μ az átlagos molekulatömeg, R pedig a gázállandó.

Amennyiben a perturbáció elég kicsi, alkalmazhatjuk a hidrodinamika linearizált egyenleteit, melyek adiabatikus perturbáció esetén a következő alakú egyszerű megoldást szolgáltatják a v' sebesség-, p' nyomás- és ρ' sűrűségperturbációkra:

$$v', p', \rho' \sim \exp(z/2H) \cdot \exp[i(-\sigma t + k_h x + k_z z)], \quad (3)$$

ahol x a horizontális, z a vertikális koordinátát, t az időt, k_z és k_h a vertikális, illetve a horizontális hullámszámot, σ pedig a rezgés frekvenciáját jelöli; $i = \sqrt{-1}$. A (3) képletben szereplő $\exp(z/2H)$ faktor biztosítja, hogy a hullám energiája vertikális irányban is állandó maradjon.

A frekvencia, a vertikális és a horizontális hullámszámok nem függetlenek egymástól, hanem (mint azt könnyű kimutatni) közöttük a következő diszperziós reláció áll fenn:

$$c^2 k_z^2 = (\sigma^2 - \sigma_{ac}^2) + k_h^2 c^2 (N^2 - \sigma^2) / \sigma^2, \quad (4)$$

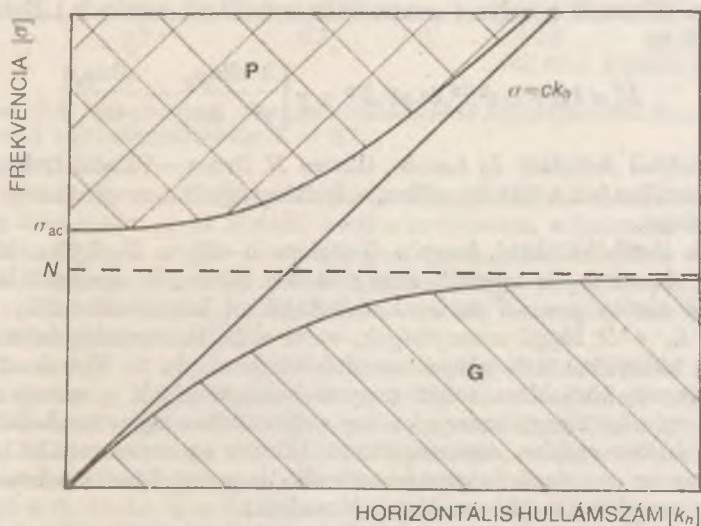
ahol c a lokális hangsebesség, vagyis $c^2 = \gamma p_0 / \rho_0 = \gamma R T_0 / \mu$ (γ a specifikus fajhőhányados), σ_{ac} a kritikus akusztikus határfrekvencia, N a Brunt-Väisälä frekvencia, melyek adiabatikus esetben a következő alakúak:

$$\sigma_{ac} \equiv \frac{c}{2H} \equiv \frac{\gamma g}{2c} \qquad N \equiv \frac{g}{c} \sqrt{\gamma - 1} \qquad (5)$$

A fenti (4) diszperziós reláció meghatározza azokat a (σ, k_h) értékpárokat, amelyekre $k_z^2 c^2 > 0$. Ebben az esetben a zavar vertikális irányban haladhat. Ha olyan (σ, k_h) kombinációt választunk, amelyre $k_z^2 c^2 < 0$, a hullám energiasűrűsége exponenciálisan csökken.

A diagnosztikus diagram

A gyakorlatban a fenti értékpárok a „ k_h – σ diagnosztikus diagramon” (3. ábra) ábrázolhatók. Ezen elnevezés helyett olykor „diagnosztikus diagramról” vagy egyszerűen „ k – σ ”, illetve „ k – ω ”-diagramról is



3. ábra. Egy sík, izotermális csillagléggör esetén sematikusan feltüntetettük azokat a régiókat, ahol $k_z^2 > 0$ (sáttrozott területek) és ahol $k_z^2 < 0$ (az ábra többi része). A P-régióban a hullámok a már korábban megismert p-típusú pulzációs módusok analogonja, míg a G-régió a g-módusoknak felel meg. A $\sigma = ck_h$ egyenletű egyenes az ún. Lamb-hullámot reprezentálja, amely az f-módusnak feleltethető meg. Ezt az ábrát nevezik diagnosztikus diagramnak

beszélnek. A továbbiakban mi is ez utóbbi, egyszerűbb elnevezéseket használjuk.

Bár a Nap légköre semmiképpen nem tekinthető izotermikusnak és kis horizontális hullámszámok (kis k_h -k) esetén síknak, a 3. ábrán vázolt hullámterjedési kép mégis eléggé általános. (Adiabatikus, nemradiális oszcilláció esetén sokkal bonyolultabban, de hasonló eredményre jutnánk!) Így a fenti kép nagyon jól alkalmazható a *térbeli hullámjelenségek osztályozására* és az elméletekkel való összevetésre. Nem kell ugyanis egyebet tennünk, mint felrajzolni a diagnosztikus diagram (k_h — σ) síkján az elmélet diszperziós relációja által jósolt $\sigma(k_h)$ függvényeket, és ezeket összevetni a mérésekből adódó kétdimenziós frekvenciaspektrummal. A Nap 5 perces oszcillációiról szóló részben konkrét példákat fogunk látni ilyen vizsgálatokra.

A hullámterjedési diagram

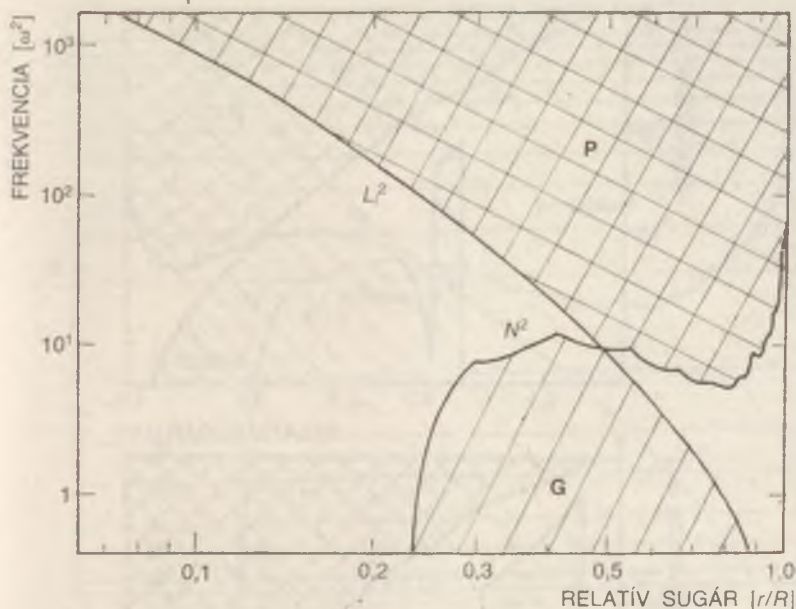
Az előzőekben láttuk, hogy a sík, izotermális atmoszférában N , σ_{ac} és c értéke határozza meg a hullámterjedés lehetséges módjait. Könnyű belátni az (5) képlet alapján, hogy a fenti paramétereiből csak kettő független. (Hasonló a helyzet nemradiális oszcilláció esetén is.) Ezért helyettük az

$$L_1^2 = 1(1+1)c^2/r^2 \text{ és az } N^2 = g \left(\frac{1}{\gamma^2} \frac{d \ln p_0}{dr} - \frac{d \ln \rho_0}{dr} \right) \quad (6)$$

képletekkel definiált L_1 Lamb-, illetve N Brunt—Väisälä-frekvenciát is használhatjuk a két független, a hullámterjedést meghatározó paraméterként.

A 3. ábrából látható, hogy a G-régióra $\sigma < N$, a P-régióra viszont $\sigma > \sigma_{ac}$ és $\sigma > ck_h$ is teljesül, amely utóbbi feltételek nemradiális oszcilláció esetén a $\sigma > N$ és $\sigma > L_1$ feltételekkel helyettesítendők. Mivel N és L_1 r -től függő mennyiségek, ezért a hullámterjedés feltételei a csillag különböző tartományjaiban eltérőek lehetnek. Az $N(r)$ és az $L_1(r)$ függvények ábrázolása tehát nagyon hasznos abból a szempontból, hogy egy adott típusú zavar a csillag mely részében képes tovahaladni, és mely részében csökken exponenciálisan. (Persze az exponenciális lecsengés a zavar energiasűrűségére vonatkozik, és nem például a sebességére, amely nem feltétlenül hasonló tulajdonságú.)

A 4. ábra egy 10 naptömegű, a főszorozatról elfejlődő csillag hullámterjedési diagramjait mutatja. Látható, hogy a p -módusú kvadrupólus oszcilláció a csillag minden fejlődési állapotában, minden tartományában képes terjedni, viszont frekvenciája nem lehet egy adott, a csillag fejlődési állapotától függő határnál kisebb. A g -módusú oszcillációval pont fordított a helyzet. Kezdetben csak a csillag külső tartományában

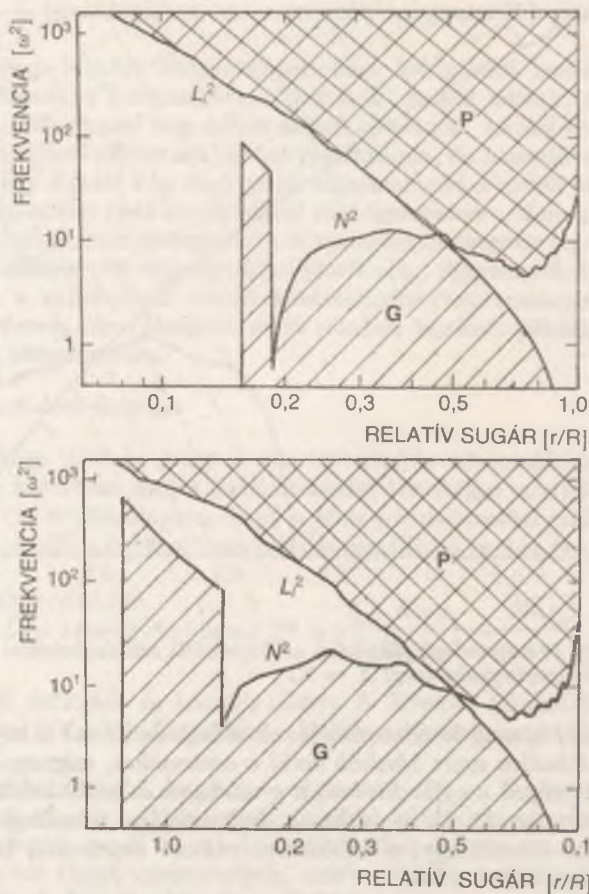


4/a. ábra. Egy 10 naptömegű főszorozati csillagmodell hullámterjedési diagramja $l = 2$ -re. A hidrogénygyakoriság: $X = 0,7$

terjedhet, majd a mag kondenzációjának előrehaladtával a terjedési tartomány belső határa egyre közelebb kerül a centrumhoz, míg nem (a csillag legsűrűbb, középső magját kivéve) a g-módusok is betölthetik a csillag minden tartományát. A g-módusok frekvenciája tetszőlegesen kicsi lehet, viszont létezik egy, a fejlődéssel változó *maximális* frekvencia, amelynél nagyobb nem lehet.

Az 5. ábra a 10 naptömegű főszorozati csillag hullámterjedési diagramját ábrázolja a különböző módusok frekvenciáival (vízszintes vonalak) és csomópontjaival (kis pontok a frekvenciákat ábrázoló vonalakon). Jól látható, hogy a p-módusok spektruma a nagyobb frekvenciák felé sűrűsödik, míg a g-módusoké fordítva.

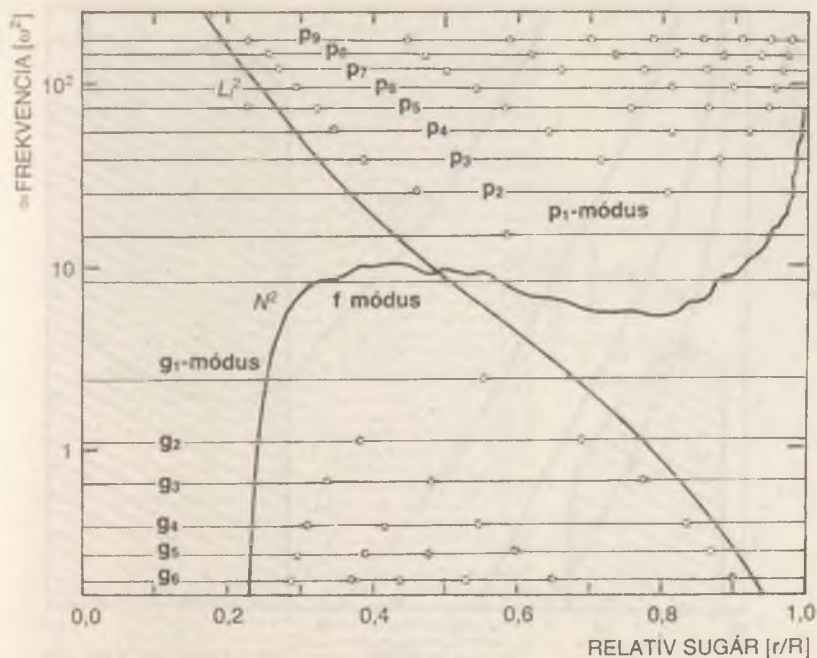
Végül a 6. ábrán bemutatjuk a Nap hullámterjedési diagramját, a Nap mai állapotára vonatkozóan. Látható, hogy a g-módusok részére két tartomány áll rendelkezésre: a Nap centrumától a sugár 0,8 részéig és a fotoszféra külső régióitól a kromoszféra felé az ábrán jelzett keskeny tartomány. A Nap belsejében haladó g-módusok periódusa nem lehet kisebb kb. 10 percnél, az atmoszférában azonban már sokkal kisebb periódusú g-módusok is előfordulhatnak! A p-módusok alsó határfrek-



4/b—c. ábra. Egy 10 naptömegű, a fősorozattól elfejlődő csillagmodell hullámterjedési diagramjai $l = 2$ -nél és különböző fejlődési állapotban. (A felső ábrán a hidrogéngyakoriság a magban $X_c = 0,48$, alul $X_c = 0,07$)

venciája l növekedésével nő és $l > 200$ esetén a Nap belsejében haladó g- és p-módusok már frekvenciájuk alapján is szétválaszthatók.

A nemradiális oszcilláció főbb fogalmainak és tulajdonságainak leírása után rátérünk a Nap oszcillációinak részletes ismertetésére. Mivel a Nap oszcillációi közül az 5 perc körüli periódus tartományba tartozók aránylag a legkönnyebben mérhetők, ezért ezekről az oszcillációkról tudunk a legtöbbet. Mivel az alacsony, illetve a magas szférikus harmo-



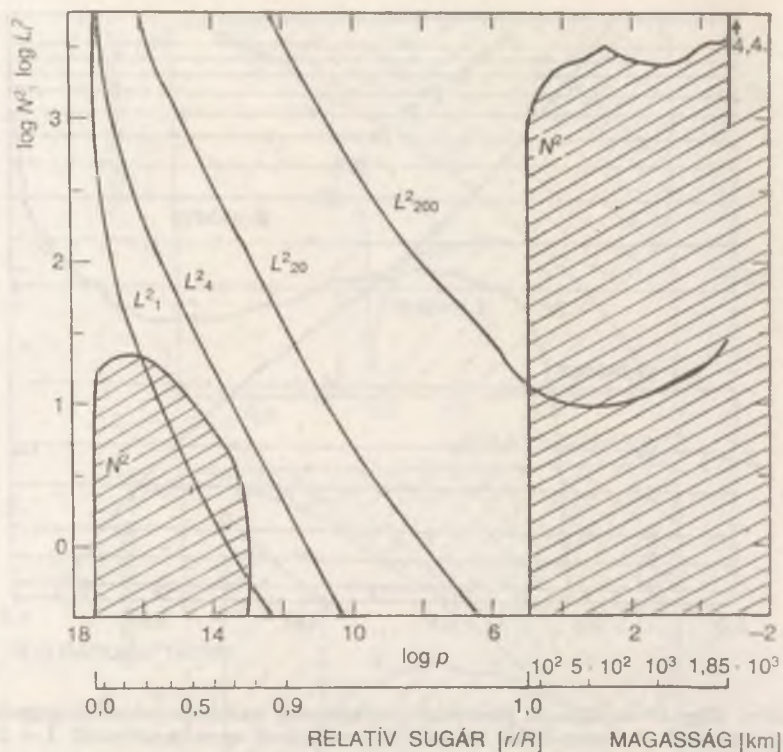
5. ábra. Egy 10 naptömegű fősorozati csillagmodell hullámterjedési diagramja a sajátrezgések frekvenciáinak és sajátfüggvényeinek csomópontjaival. $1 = 2$, $X = 0,7$

nikus foksámokhoz (l-ekhez) tartozó oszcillációk mind mérés-technikailag, mind pedig elméleti interpretáció tekintetében különbözőképpen kezelhetők, ezért mi is külön tárgyaljuk őket.

Nagy szférikus harmonikus foksámokhoz tartozó 5 perces oszcilláció

Az 5 perces oszcilláció felfedezése

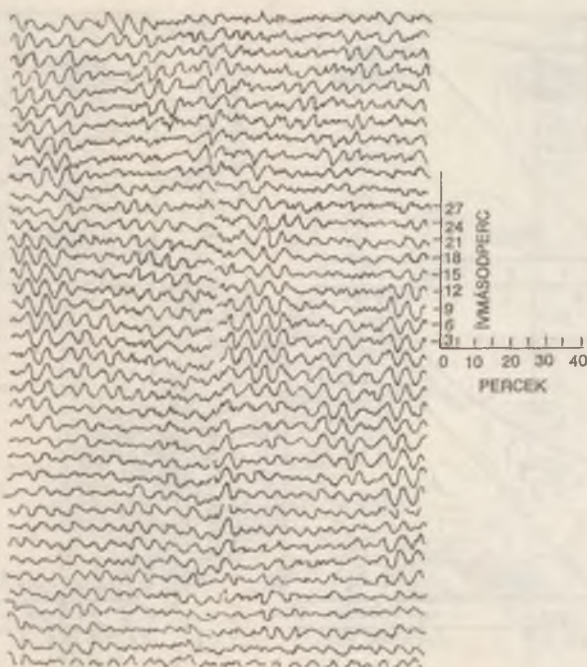
A napfelszín különböző részein végzett radiális sebességmérések alapján először 1962-ben R.B. Leighton, R.W. Noyes és G.W. Simon, a Mount Wilson Obszervatórium munkatársai lettek figyelmesek arra, hogy a Nap felülete tele van vertikálisan oszcilláló területekkel. Mivel az oszcillációk periódusa 5 perc körüli volt, ezért a jelenséget egyszerűen



6. ábra. A Nap hullámterjedési diagramja

5 perces oszcillációnak nevezték el. A kezdeti elképzelés az volt, hogy az 5 perces oszcillációként megfigyelt jelenség lényegében nem más, mint a Nap atmoszférájának a válasza az alulról jövő konvektív elemek (granulák) perturbációira. Hogy ez nem így van, azt csak a későbbi igen pontos és nagyszámú észlelés tudta bebizonyítani.

A 7. ábrán láthatunk egy példát a Nap egymástól 3"-re fekvő pontjaiban mért radiális sebességek változására. Jól megfigyelhető, hogy az oszcilláció majdnem mindig jelen van, és a nagyobb amplitúdójú részek folytonosan erősödnek fel, illetve csillapodnak le. (Ez a granulák lökései által gerjesztett pulzációra nem lenne jellemző!) A görbék alapján inkább feltételezhető egy állandó oszcilláció. Látható, hogy ennek bizonyítása elég nehéz feladat, mert egy tér- és időbeli folyamattal van dolgunk. Ilyen esetben a tér- és időbeli változást valamilyen módon



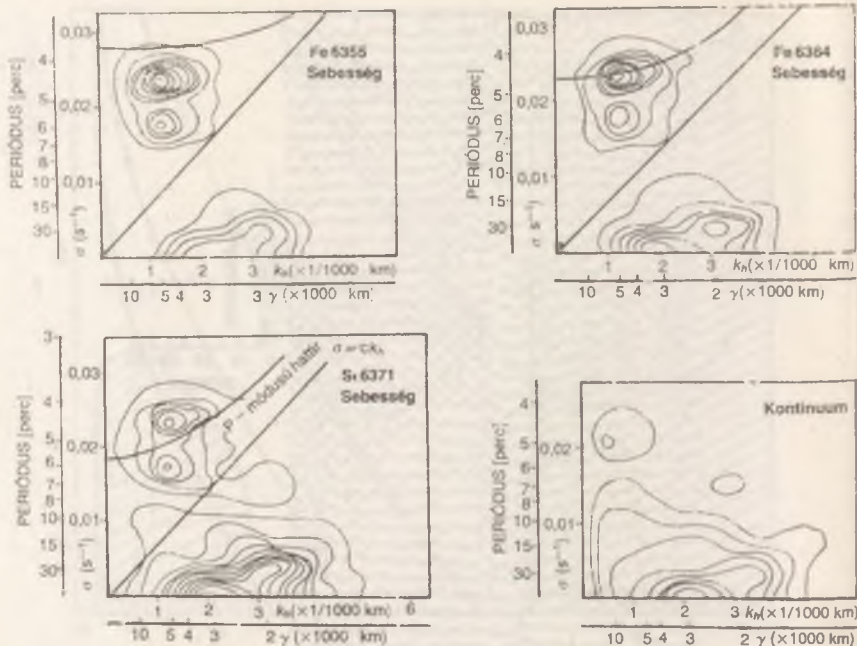
7. ábra. A Nap felületének 3'' (2000 km) távolságra eső pontjainak radiális sebességváltozása az idő függvényében S. Musman és D. M. Rust 1970-es mérései alapján. Az egymás után következő görbék közötti távolság 400 m/s radiális sebességnek felel meg

egyszerre lenne jó tanulmányozni. Ha x a hullám terjedési irányának megfelelő koordináta,* akkor — mérve a $v(t,x)$ radiális sebességeket — közelítőleg kiszámítható a

$$V(\omega, k) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} v(t, x) \exp[i(t\omega + xk)] dt dx \quad (7)$$

Fourier-transzformált. Ennek abszolútérték-négyzete adja meg a mért „ $k-\omega$ ”-diagramot, amelyet közvetlenül összehasonlíthatunk az elméleti diszperziós relációval. Elég hosszú és nagy térbeli tartományt befo-

* Másik térbeli koordináta nem szükséges, mert — mint azt ki lehet mutatni — a nagy l értékekhez tartozó nemradiális oszcillációk energiája főleg egy térbeli irányban koncentrálódik.



8. ábra. E. N. Frazier 1968-as mérései alapján számított „ $k-\omega$ ”-diagramok. Látható, hogy a megfigyelt radiális sebességváltozások energiája két jól elkülönült frekvencia—hullámszámtartományban koncentrálódik. Az egyik csoport (5 perc és 10^{-6}m^{-1} horizontális hullámszám körül) az 5 perces oszcillációnak felel meg; a másik, alacsony frekvenciájú csoport pedig a granulációtól és egyéb, műszertől, légkörtől és Naptól eredő zajtól származik

gó minta esetén ezért lehetőségünk van a kétdimenziós jel periodikus komponenseinek zajtól való szétválasztására, s így elméleti interpretációnk közvetlen ellenőrzésére. Megjegyzendő, hogy a mért „ $k-\omega$ ”-diagram háromdimenziós, ezért a $(k-\omega)$ síkon csak szintvonalaiával ábrázolható!

Az első megfigyelések, amelyek már mutattak némi tér- és időbeli szabályos struktúrát, E. N. Fraziertól származnak 1968-ból. A 8. ábrán láthatók a radiális sebesség és kontinuum intenzitásmérésekből kapott „ $k-\omega$ ”-diagramok. Az ábrán az 5 perces csoport jól elkülöníthető, sőt a csoporton belül (a kontinuum méréseket kivéve) még két periódus körüli koncentrálódás is észlelhető. A rezgések energiájának igen erős sűrűsödése bizonyos frekvenciák és horizontális hullámhossztartományok körül már utal a jelenség szabályos jellegére. A p-módusú oszcillációk



9. ábra. Az E. J. Rhodes Jr., R. K. Ulrich és G. W. Simon által 1977-ben mért „ $k-\omega$ ”-diagram összehasonlítása az F. L. Deubner által 1975-ben mérttel (pontok a hibahatárokkal)

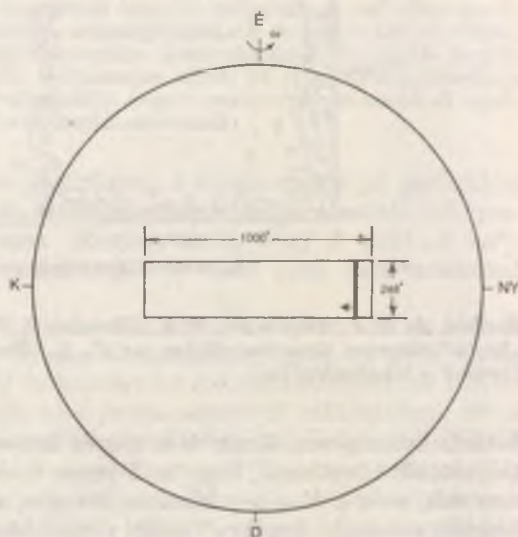
határfrekvencia-vonalának és a rezgés koncentrációjának viszonylagos helyzetéből következik, hogy az 5 perces oszcilláció nagy valószínűséggel nem más, mint a Nap p -módusú sajátrezgése, amely egy fotoszféra alatti üregben mintegy „bezárva” meggy végbe, hiszen (az ábrából láthatóan)

nagy része a „ $k-\omega$ ”-diagramon a csillapodási tartományba esik. Természetesen — mint azt már az előző fejezetben említettük — ez azt jelenti, hogy a hullámok energiasűrűsége a magassággal exponenciálisan csökken, és nem azt, hogy a v' sebességperturbáció is ugyanígy viselkedik. Ha a sűrűség elég gyorsan csökken a magassággal, előfordulhat, hogy v' az atmoszférából kifelé haladva nő!

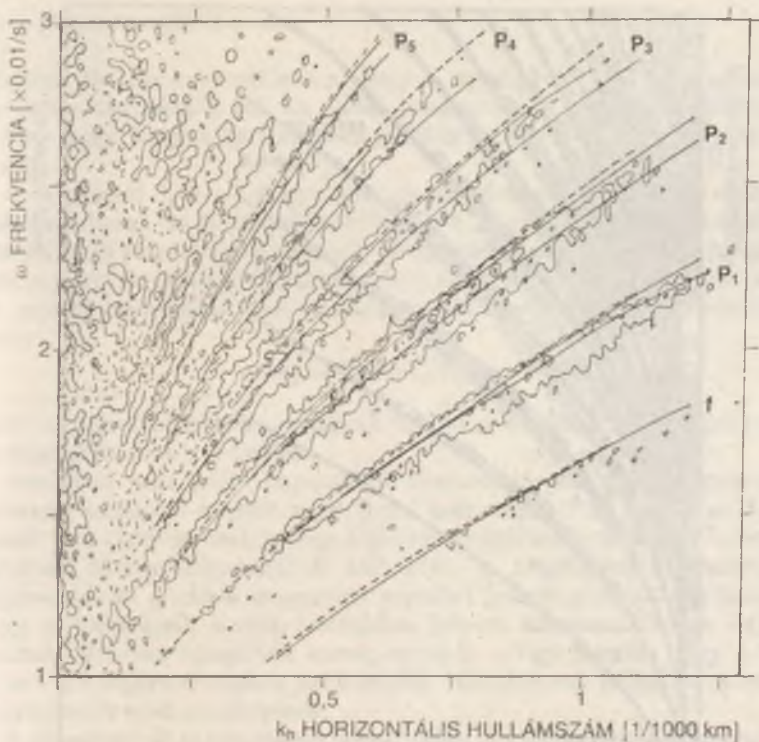
Az első, valóban meggyőző, nagy felbontású „ $k-\omega$ ”-diagram F. L. Deubner méréseiből származik, 1975-ből. Ekkor sikerült először az 5 perces oszcilláció finomszerkezetét is tanulmányozni. Később 1977-ben, a Sacramento Peak Observatóriumban dolgozó csoport (E. J. Rhodes Jr., R. K. Ulrich és G. W. Simon) még pontosabb méréseket végzett, amelyek alapján az 5 perces oszcillációnak a Nap nemradiális p-módusai-val történő azonosítása bizonyossá vált. A kapott „ $k-\omega$ ”-diagramok a 9. ábrán láthatók.

Az oszcillációk mérésének technikája

A radiális sebességek idő- és térbeli változásának mérésére speciális diódasorokat használnak, melyek mindegyike külön-külön méri az adott terület radiális sebességét a kiválasztott hullámhosszon. A Nap képeének a diódasor előtti mozgatásával így kaphatunk háromdimenziós radiális sebességadatokat. A gyakorlatban gyakran használják azt a módszert, hogy a radiális sebességeket $\vec{E}-\vec{D}$ irányban kiátlagolják, és csak a



10. ábra. A Nap 5 perces oszcillációinak mérésére a Mt. Wilson Obszervatóriumban használt diódasor Naphoz viszonyított mérete, helyzete és mozgása



11. ábra. A megfigyelt és az elméleti (szaggatott és folytonos vonalak) „ $k-\omega$ ”-diagramok összehasonlítása.
A különböző ágak alulról felfelé haladva az f -, p_1 -, p_2 -, p_3 -, p_4 -, p_5 -módusokkal azonosíthatók. l értéke igen nagy, 100 és 1000 között van

K—Ny-i térbeli változást figyelembe vevő kétdimenziós radiális sebességekkel számolnak (ez a közelítés, mint már említettük, különösen akkor hasznos, ha nagy l -ekhez tartozó szektorális harmonikusokat vizsgálunk).

A Mt. Wilson Obszervatóriumban tervezett diódasor (melynek Nap-hoz viszonyított helyzete a 10. ábrán látható) háromdimenziós radiális sebességek mérésére lesz alkalmas. Az $\vec{E}-D$ irányú diódasor 248 diódája $1''$ távolságonként méri az adott napfelület radiális sebességét. Egy optikai rendszer segítségével a Nap képét 256 lépésben mozgatják az ábrán jelzett irányban. A mérés egy ciklusában (amely kb. 30 másodpercig tart) tehát a Nap $248'' \times 1000''$ -es területéről 248×256 pozícióban kapunk radiális sebességértékeket.



12. ábra. A Kitt Peak Observatóriumban 1979-ben észlelt „ $k-\omega$ ”-diagram összehasonlítása az elméletileg számolttal

Egy, az előbb leírt berendezéshez hasonlóval mért „ $k-\omega$ ”-diagram a hátsó színes borítón látható. Az analizált radiális sebességek egy É—D irányban 300'' hosszúságú területen átlagolt értékek voltak. A képen a radiális sebességmérések teljes Fourier-transzformáltja (illetve annak abszolútérték-négyzete — tehát a „ $k-\omega$ ”-diagram) látható. A minőségi javulás a 9. ábrához képest megdöbbentő.

Az 5 perces oszcilláció eredete

Térjünk rá annak vizsgálatára, hogy a megfigyelt „ $k-\omega$ ”-diagramok mennyire támasztják alá az előbb ismertetett 5 perces oszcillációnak a Nap nagy l -ekhez tartozó nem radiális pulzációival történő azonosítását!

A megfigyelt „ $k-\omega$ ”-diagramoknak az elméletből számított diszperziós relációval való összehasonlításához egy statikus napmodellből kiindulva (a nem radiális pulzáció megfelelő határfeltételekkel kiegészített sajátérték-egyenletét felhasználva) a különböző l értékekhez tartozó sajátfrekvenciákat kell kiszámítanunk. Mivel a horizontális hullám-szám:

$$k_h = \sqrt{l(l+1)/R_{\text{Nap}}}$$

ezért az adott modellesetén kapott diszperziós reláció közvetlenül összehasonlítható a mérésekkel.

Általában nem teljes napmodellt vesznek alapul, hanem csak úgynevezett *napléggör-modellt*, mert (mint már említettük) a p - és az f -módusok amplitúdója csak a Nap légkörében számottevő. Már viszonylag egyszerű atmoszféramodellből kiindulva is meglepően jó eredményt kapunk (a 11. ábrán a szaggatott vonallal jelzett görbék). Jól látható, hogy a mért ágak a számítottakhoz képest szisztematikusan lejjebb vannak. Többen vizsgálták ennek az okát, s úgy látszik, hogy a már ismert napléggör-modellek mélyreható változtatása nélkül is megmagyarázhatók ezek az eltérések.

A számbajövő paraméterek közül talán leglényegesebb a *konvekciós paraméter*: b/H (b a konvekció ún. keveredési elméletében szereplő konvekciós elemekre vonatkozó keveredési hossz, H a skálamagasság). A számítások alapján b/H növelésével a számított ágak dőlése a „ $k-\omega$ ”-diagramon kisebbé válik. Hasonló effektust okoz a kissé módosított határfeltételekkel és állapotegyenlettel történő számítás.

A 11. ábrán szaggatott vonallal jelöltük az $b/H = 2$ -vel, de a standard atmoszféramodellel, ún. zérus határfeltételekkel és nem módosított állapotegyenlettel számított „ $k-\omega$ ”-diagramot. Módosítva az állapotegyenletet (Coulomb-korrekciónak), az atmoszféra határát a korona aljáig kiterjesztve, valamint a hullámok koronába történő diffundálását is megengedve, jobban közelítő megoldást kapunk. Az ilyen módon számolt „ $k-\omega$ ”-diagramot a 11. ábrán mindig két folytonos vonal jelöli ($b/H = 1,5$ a felső, $b/H = 3,0$ az alsó görbére). Látjuk, hogy a mérések alapján a valódi b/H érték valahol 1,5 és 3,0 között van. Az újabb mérések is nagyon jó összhangban vannak az elmélettel, ahogy ezt a 12. ábra mutatja.

Látjuk, hogy a nagy l -hez tartozó 5 perces oszcilláció vizsgálatával

fontos következtetéseket vonhatunk le a Nap konvekciós zónájára és légkörére vonatkozóan. Egy további sokat ígérő alkalmazásként vizsgáljuk meg, hogy az 5 perces oszcilláció „ $k-\omega$ ”-diagramjának segítségével hogyan vizsgálható

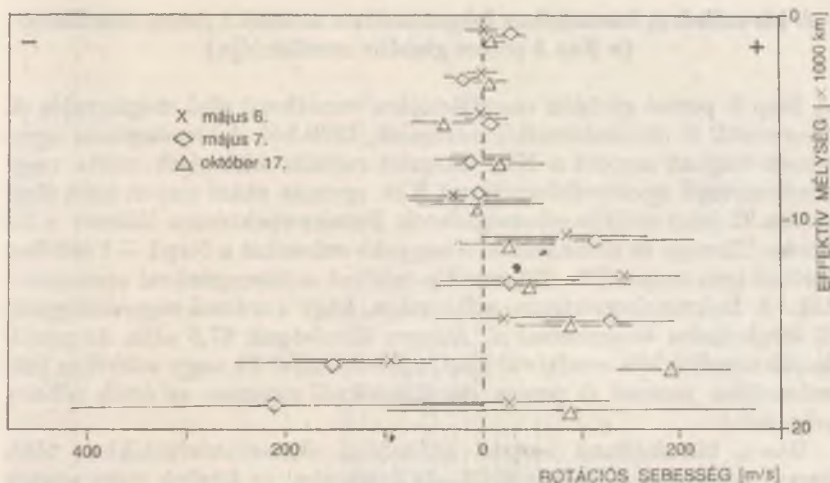
a Nap különböző rétegeinek forgási sebessége.

Könnyű belátni, hogy amennyiben egy ω frekvenciájú síkhullámot a terjedési irányában (vagy azzal ellenkezőleg) egy külső megfigyelőhöz képest w sebességgel mozgatunk, az észlelt frekvencia megváltozik, mégpedig $\Delta\omega = \pm k \cdot w$, ahol k a hullámszám, az előjel pedig a mozgás irányától függ.

Hasonlóan befolyásolja a megfigyelt „ $k-\omega$ ”-diagramon az ágak dőlését a Nap forgása. Mivel a különböző sajátrezgéseknek megfelelő sajátfüggvények a Nap felszínétől számított különböző mélységekben érik el maximális amplitúdójukat (legmélyebbre a kis l -ekhez tartozó magasabb rendű módusok hatolnak), az egyes módusok frekvenciaváltozásaiból a különböző mélységek rotációs sebességére lehet következtetni. Mivel — mint azt már említettük — a megfigyelések a szektoriális harmonikusoknak megfelelő rezgésekre érzékenyek, ezért a „ $k-\omega$ ”-diagram $(+k, +\omega)$ és $(+k, -\omega)$ síknegyedében a megfelelő ágak relatív dőlése közvetlenül megadja a rotáció miatt bekövetkező frekvenciaváltozás kétszeresét (ugyanis itt K—Ny és Ny—K irányokban haladó hullámok frekvenciaváltozásainak különbségéről van szó). Ha még (modellszámítások alapján) ismerjük az egyes módusok effektív mélységét is (vagyis azt a mélységet, ahol energiájuk jelentős része koncentrálódik), akkor megszerkeszthetjük a *rotációs sebesség—effektív mélység diagramot*.

Az F. L. Deubner és munkatársai által kapott diagramot a 13. ábrán láthatjuk. Bár a hibahatárok elég nagyok, a rotációs sebesség 10—12 000 km-es mélységben történő megnövekedése szembeütő. A kb. 80 m/s-os sebességnövekedés összhangban van a más módon (a napfoltok, a fotoszférikus plazma mozgásából) kapott értékkel. A „ $k-\omega$ ”-diagram alapján történő rotációs sebességmérés a Nap belső szerkezetének a Nap-oszcillációk segítségével történő kutatásában (az ún. helioszeizmológiában) fontos eszköz lesz a jövőben. A Nap teljes, háromdimenziós rotációs feltérképezése alapvető egy sereg, a Nappal és a Naprendszerrel kapcsolatos kérdés megválaszolásában (a Nap dinamóelmélete, napciklus, a Naprendszer keletkezése).

Minden, csillag- és Nap-pulzációval kapcsolatos kérdés közül az egyik legfontosabb



13. ábra. A Nap forgási sebesség — effektív mélység diagramja, F. L. Deubner, R. K. Ulrich és E. J. Rhodes Jr. (1979) mérései és számításai alapján. A dátumok 1977-re vonatkoznak. A sebességek a felszínhez viszonyított relatív sebességek. A szaggatott vonaltól jobbra a rotáció gyorsabb, balra pedig lassabb, mint a felszínen

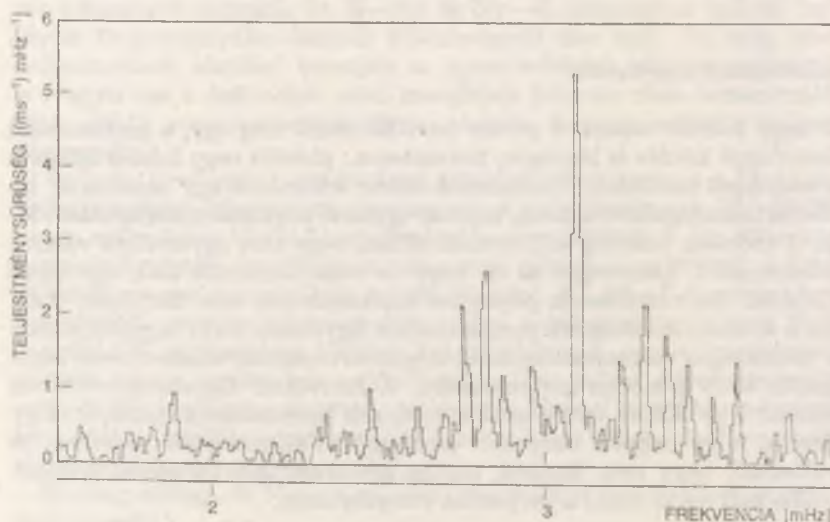
az oszcillációk gerjesztése

A nagy l -ekhez tartozó 5 perces oszcillációknál még egy, a gerjesztéssel összefüggő kérdés is lényeges, nevezetesen: *globális vagy lokális lellegű-e a megfigyelt oszcilláció?* Globálisnak akkor tekinthető egy oszcilláció, ha élettartama legalább akkora, mint az egyszeri napfelszíni körülfutási ideje. A mérések jelenleg túl rövidek ahhoz, hogy erre egyértelmű választ lehetne adni. Lehetséges az is, hogy az oszcillációknak csak egy része globális. Az oszcillációk gerjesztési mechanizmusa sem tisztázott még. Ha a konvekciót a rezgések gerjesztésében figyelmen kívül hagyjuk, akkor a közönséges változócsillagoknál megismert *opacitás-mechanizmus* lehet felelős több p -módus gerjesztéséért. A konvekció figyelembevételével viszont $l = 200$ és 600 között a módusok gerjesztése megszűnik. Úgy látszik, hogy nagyon bonyolult problémával állunk tehát szemben, és valószínű, hogy nem lineáris, esetleg sztochasztikus hatásokat is figyelembe kell majd venni a gerjesztés vizsgálatához.

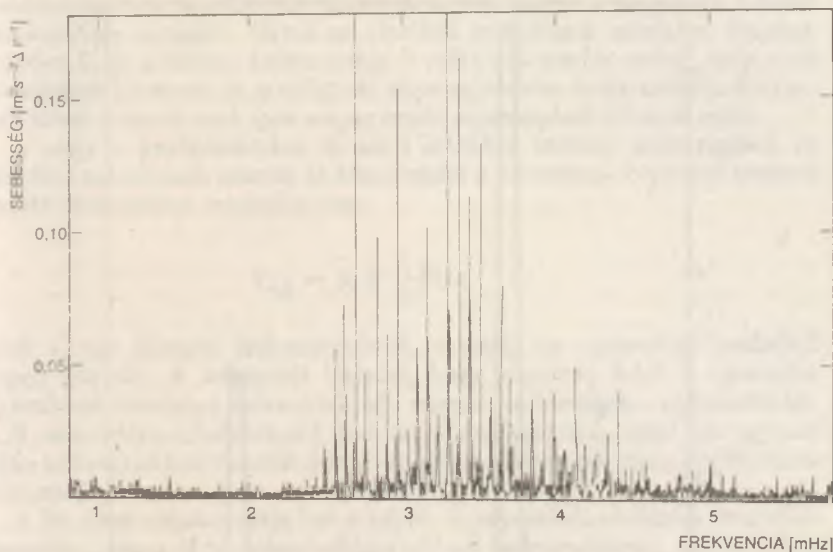
A kis szférikus harmonikus foksámokhoz tartozó 5 perces oszcilláció (a Nap 5 perces globális oszcillációja)

A Nap 5 perces globális oszcillációjára vonatkozó első megfigyelés A. Claverietől és munkatársaitól származik, 1979-ből. A birminghami egyetemen dolgozó csoport a Nap integrált radiális sebességét mérte nagy érzékenyséű spektrofotométerrel. Két egymás utáni napon mért (összesen 32 órás) radiális sebességadatok Fourier-spektruma látható a 14. ábrán. Claverie és munkatársai a nagyobb csúcsokat a Nap $1 = 1$ és 0-hoz tartozó igen magas (17—29) rendű p-módusú sajátrezgéseivel azonosították. A frekvenciaspektrum sajátossága, hogy *a csúcsok nagyjából egyenlő távolságokra helyezkednek el*. Átlagos távolságuk $67,8 \mu\text{Hz}$. Az oszcillációk amplitúdója rendkívül kicsi, $0,1\text{—}0,3 \text{ m/s}$! (A nagy szférikus foksámokhoz tartozó 5 perces oszcillációknál ugyanez az érték néhány száz m/s.)

Bár a birminghami csoport különböző obszervatóriumokban több napon végzett észleléseket 1976—78 folyamán, az általuk mért adatok nagy hátránya, hogy *nem folytonosak*, ami az analízist rendkívül megnehezíti. Ezért volt nagy jelentősége annak a mérésnek, amelyet G. Grec, E. Fossat és M. Pomerantz végzett egy amerikai — francia közös expedíció keretében a Déli-sarkon az 1979/80-as antarktisi nyár folyamán



14. ábra. A. Claverie és munkatársai által mért, a teljes napkorongra integrált radiális sebességadatok Fourier-spektruma

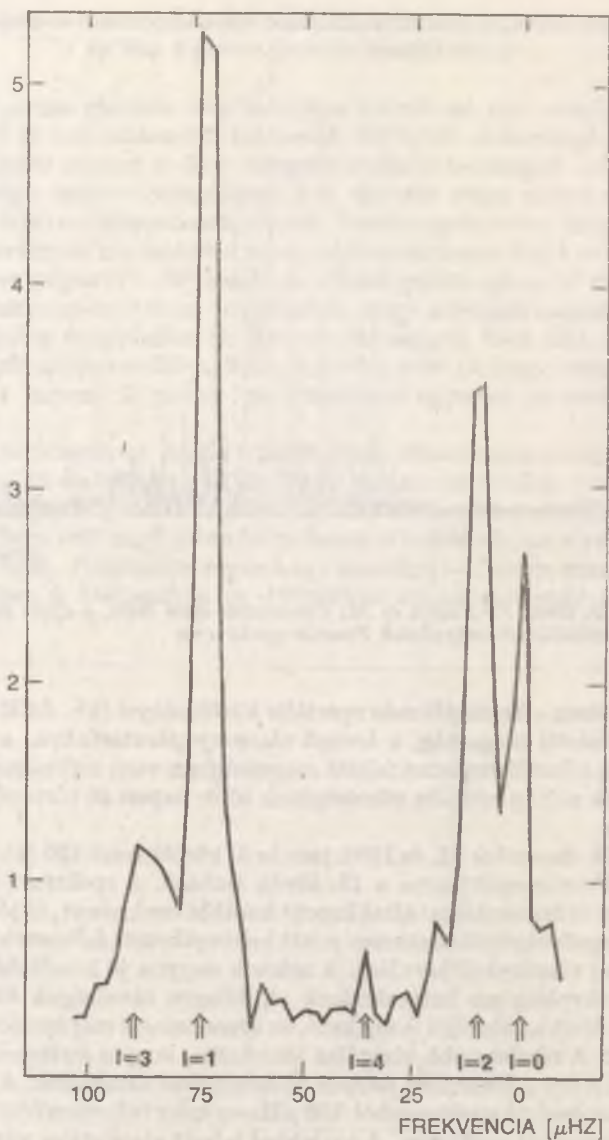


15. ábra. G. Grec, E. Fossat és M. Pomerantz által mért, a teljes napkorongra integrált radiális sebességadatok Fourier-spektruma

Az Amundsen – Scott-állomás speciális körülményei (kb. 3400 m-es tengerszint feletti magasság, a levegő alacsony páratartalma, a Nap gyakorlatilag állandó horizont feletti magasságban van) különösen alkalmasak voltak a Nap radiális sebességének több napon át történő folytonos mérésére.

Az 1979. december 31. és 1980. január 5. között mért 120 órás folytonos adatsor Fourier-spektruma a 15. ábrán látható. A spektrum megerősíti a Claverie és munkatársai által kapott korábbi eredményt, és jól demonstrálja a megnövekedett adathossz miatt bekövetkezett felbontóképességbeli és jel/zaj viszonybeli javulást. A csúcsok nagyon jó közelítéssel szintén egyenlő távolságban helyezkednek el, átlagos távolságuk $68 \mu\text{Hz}$ -nek adódott. Mint az ábrából is sejthető, az egyes csúcsok még további csúcsokra esnek szét. A részletesebb vizsgálat kimutatta, hogy a frekvenciastruktúra $136 (=2 \times 68) \mu\text{Hz}$ -enként nagyon jó közelítéssel ismétlődik. A 16. ábrán látható az eredeti spektrumból $136 \mu\text{Hz}$ -es intervallumonként egymásra rakott összegzett spektrum. A nyilakkal jelzett elméletileg várt, s a valójában mért csúcsok helyzete rendkívül jó egyezést mutat!

Mivel a megfigyelt oszcillációk a Nap integrált radiális sebességében mutatkoznak, ezért csak a kis szférikus harmonikus fokszámokhoz (kis



16. ábra. A 15. ábrán látható spektrum 2,4 és 4,8 mHz közötti tartományának 136 μHz -es intervallumonként összegzett képe. Nyilakkal jelöltük az adott szférikus harmonikus fókuszszámokhoz tartozó elméleti frekvenciák pozícióit

l-ekhez) tartozó oszcillációk jöhetnek szóba, hiszen a magasabb fokúak kiátlagolják egymást. Mivel az elméleti számítások szerint a Napban minden f- és g-módus frekvenciája 2 mHz-nél kisebb, ezért ezek csak p-módusok lehetnek. A megfigyelt közele egyenletes frekvenciaelhelyezkedés miatt viszont *csak igen magas rendű sajátrezgések jöhetnek szóba.*

A nagy n módusszámhoz és kis l értékhez tartozó sajátrezgések az elméleti számítások szerint jó közelítéssel a következő képlettel leírható sajátfrekvenciával rendelkeznek:

$$V_{n,l} = (n + \frac{1}{2}l + \epsilon) \cdot v_0$$

ahol v_0 egy állandó frekvenciaérték, ϵ pedig az egyensúlyi modelltől függő állandó. A képletből látható, hogy rögzített l -nél a spektrum egyenletes távolságú csúcsokból áll, vagyis $n \gg 1$ értékekre egymástól kb. $v_0/2$ távolságra elhelyezkedő frekvenciasort kapunk, ahol az egymás után következő frekvenciák felváltva páros, illetve páratlan l értékekhez tartoznak.

A 16. ábra alátámasztja ezt a képet. A tapasztalt eltérések (vonalfelhasadás a páros és páratlan l -ekhez tartozó frekvenciáknál, az $l = 4$ -hez tartozó csúcs megjelenése közepén) annak tulajdonítható, hogy a $v_{n,l}$ -re kapott képlet csak közelítés, és ténylegesen $v_{n,l}$ nem lineárisan függ n -től és l -től.

Mivel az 5 perces globális oszcilláció sajátfüggvényei (magas rendszámuk miatt) mélyen a Nap belsejében is tekintélyes amplitúdóval rendelkeznek, ezért *fontos információt hordoznak a Nap felépítésére vonatkozóan.*

A Claverie és munkatársai által kapott kezdeti eredmények után közvetlenül végrehajtott első modellszámítások furcsa eredményre vezettek. A Fourier-spektrumban megfigyelt csúcsok közötti átlagos 67,8 μ Hz-es frekvenciatávolságot csak úgy tudták magyarázni, ha feltették, hogy a Nap kezdeti nehézelem- (Z) és hélium- (Y) gyakorisága 0,004, illetve 0,19 volt. Ez azt jelentette volna, hogy (legalábbis ami a kémiai összetétel illeti) *a Nap hasonlít a második populációs csillagokhoz.* Bár ez a következtetés sok bonyodalommal járt volna, a Nap alacsony neutrínó-fluxusának megmagyarázására mégis alkalmasnak látszott.

A Grec és munkatársai által mért frekvenciaspektrum és a részletesebb modellszámítások azonban azt mutatták, hogy a „standard” ($Y = 0,25$, $Z = 0,02$) összetétel jobban megfelel a méréseknek. Ugyanis egyrészt a megnövekedett átlagos frekvenciaszeparáció (68 μ Hz) *a magasabb nehézelem-gyakoriságú* modelleknek kedvezett, másrészt *a bonyolultabb határfeltételeket (a Nap atmoszféráját) figyelembe vevő, pontosabb numerikus módszert használó számítások szintén a megfigyelt értékhez közelítették.*

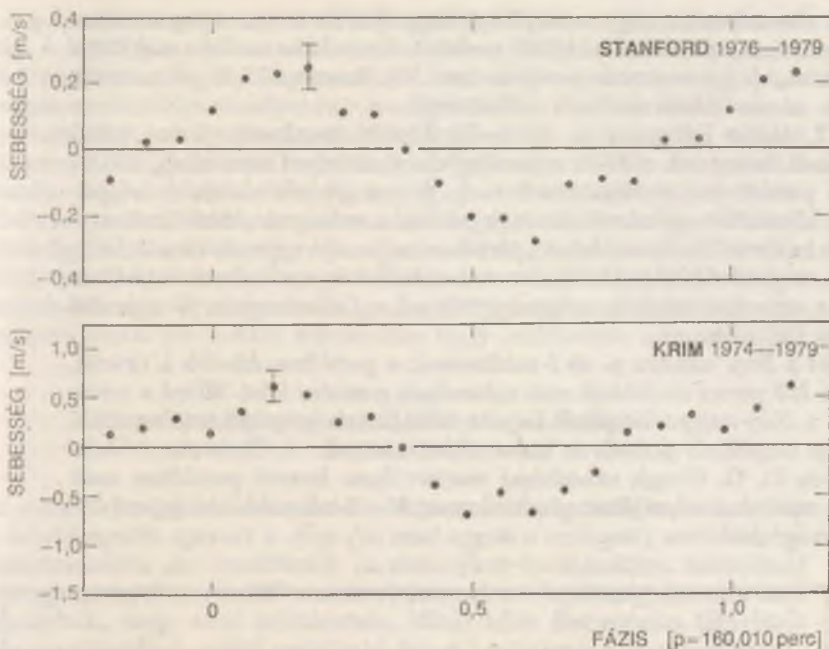
Jelenleg nem áll módunkban a Nap nehézelem-gyakoriságára az 5 perces globális oszcilláció alapján pontos értéket adni. Annyi azonban bizonyosnak látszik, hogy egyéb (a Nap populációs hovatartozását nem zavaró, ugyanakkor ésszerűnek látszó) változtatásokkal a „standard” napmodellel lényegében egyező modellt tudunk felépíteni.

5 perc és 1 óra közötti oszcillációk

A Nap hosszabb periódusú oszcillációinak mérése sokkal nehezebb, mint az 5 perces oszcillációké. Ez egyrészt a rendkívül kis amplitúdók, másrészt a több perces, illetve órás időtartamú különféle zavaró hatások (a földi légkör, a műszer lassú változásai, a Nap hasonló időskálájú, nem periodikus jelenségei) miatt van így. Igazából 5 perc felett csak a következő fejezetben ismertetendő 160 perces oszcilláció ismert.

A hosszú periódusú oszcillációk mérésében különösen jelentősek a H. A. Hill vezette arizonai csoport által 1975 óta végzett napátmérő-mérések. Az eredetileg az általános relativitáselmélet tesztelésére tervezett mérések során egy sereg jellegzetes frekvenciát kaptak, amelyekről feltételezhető, hogy a *Nap sajátrezgéseivel* azonosak. A mért amplitúdók rendkívül kicsik, néhány km körül mozognak. Az oszcillációk realitásának feltétele az, hogy a *különböző napokon mért rezgések frekvenciái és fázisai megegyezzenek egymással*. Mivel igen magas a zajszint, ezért a frekvenciák ritkán egyeznek meg pontosan. A fázisok stabilitásának vizsgálata az újabb (1979-es) méréseknél azt mutatta, hogy 12 rezgés fázisa a megfigyelési időtartam (23 nap) alatt a mérési hibán belül maradt. Bár ez az eredmény biztató, még sok mérést kell elvégezni a kapott eredmények alátámasztásához. A napátmérő mérésére használt módszer (a napkorong szélsőtetédésének mérésével definiált napátmérő) ugyanis meglehetősen bonyolult, s még sok olyan zavaró tényező (pl. a Nap egyes felületi struktúrái, forgás stb.) sincs megfelelően figyelembe véve, amely befolyásolhatja az amúgy is bonyolult mérés eredményét.

Más mérések (radiális sebesség, effektív hőmérséklet, a napfelület egyes pontjainak relatív intenzitásának mérése) nem tudták megerősíteni ezeket az eredményeket. A Grec és munkatársai által mért globális radiális sebességadatok ugyan jelentős amplitúdóval rendelkező rezgéseket tartalmaztak a 0—0,5 mHz frekvenciatartományban, de azoknak a Nap hosszú periódusú oszcillációkkal történő azonosítása nem volt lehetséges a számba jöhető földi és Naptól eredő egyéb hatások miatt. A jövőben végzendő déli sarki mérések feltehetően segítenek ennek a kérdésnek a tisztázásában is.



17. ábra. A stanfordi és a krími obszervatóriumokban észlelt radiális sebességadatok 160,01 perc periódussal összegzett görbéi

160 perces oszcilláció

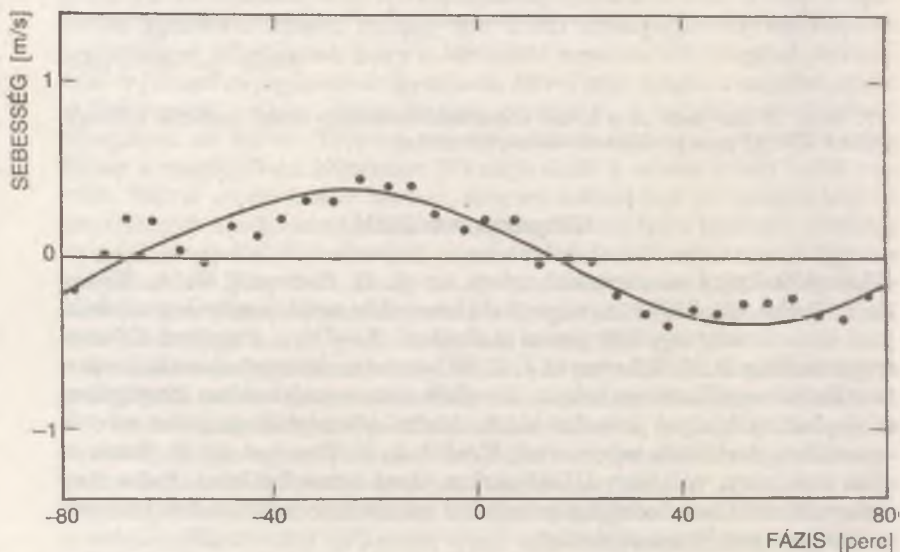
Elsőnek a krími obszervatóriumban, az A. B. Szervenij, V. A. Kotov és T. T. Cap által 1974 óta végzett differenciális radiális sebességmérésekben mutatkozott egy 160 perces moduláció. Később a Stanford Obszervatóriumban P. M. Scherrer és J. J. Wilcox hasonló mérései is alátámasztották az oszcilláció realitását. Mindkét obszervatóriumban lényegében a napkorong középső és szélső vidéke közötti sebességkülönbségeket mérték speciális polarizációs módszerrel. Később J. R. Brookes, G. R. Isaak és Van der Raay, valamint a Déli-sarkon Grec és munkatársai által a Nap integrált radiális sebességére vonatkozó mérésekben is ki lehetett mutatni a 160 perc periódusú változást.

A 160 perces oszcilláció mérésével kapcsolatban két fontos probléma merül fel. Egyrészt az oszcilláció amplitúdója rendkívül kicsi (kb. 1 m/s), másrészt a 160 perc pontosan a nap 1/9-ed része. Az utóbbi probléma miatt sokáig kétséges volt a 160 perces oszcilláció eredete. A fázisviszonyok

pontos elemzése és a nagy mennyiségű független észlelési anyag azonban csaknem kizárja az oszcilláció földi eredetét. A részletes analízis még azt is kimutatta, hogy a pontos periódus nem 160, hanem 160,01 perc, amely szintén az oszcilláció realitása mellett szól.

A 17. ábrán láthatjuk az 1974–79 közötti stanfordi, illetve krími észlelések összegzett radiális sebességgörbéit, amelyet már az új, 160,01 perces periódussal szerkesztettek meg. Bár a görbék alakja és amplitúdója kissé eltér egymástól (aminek például a műszerek eltérő érzékenysége és kalibrációja is oka lehet), fázisban nagyon jó egyezés van. A Déli-sarkon végzett észleléseket összevetve a krími és a stanfordi észlelések alapján számított radiális sebességgörbével, szintén nagyon jó egyezést kapunk (18. ábra).

Mivel a Nap minden p- és f-módusának a periódusa kisebb 1 óránál, ezért a 160 perces oszcilláció csak valamilyen g-módus lehet. Mivel a méréseknél a Nap nagy felületéről kapott radiális sebességeket kiátlagolták, ezért az oszcilláció globális és kisl-értékhez tartozik. J. Christensen-Dalsgaard és D. O. Gough számításai szerint ilyen hosszú periódusa csak magas módusszámú sajátrezgéseknek van, $l = 2$ -nél például a g_{10} -módus lenne megfelelő.



18. ábra. Grec és munkatársai által mért, a teljes napkorongra integrált radiális sebességadatok 160 perc periódussal átlagolt görbéje (pontok). A folytonos vonal a krími és a stanfordi obszervatóriumok által észlelt adatok alapján várható görbét mutatja.

A gerjesztési mechanizmus a 160 perces oszcilláció esetében sem ismert még. A legtöbb modellszámítás eredménye az, hogy a fejlődés bizonyos stádiumaiban a Nap néhány g-módusa lineáris értelemben instabil lehet (vagyis amplitúdója az idővel exponenciálisan nő). Vannak viszont olyan eredmények is, amelyek azt mutatták, hogy az $l = 1, 2, 3, 4$ -hez tartozó 160 perc körüli periódussal rendelkező g-módusok stabilak. A kérdés eldöntése meglehetősen nehéz, hiszen egy kicsit megváltoztatott határfeltételek, a nukleáris energiatermelési arány, a konvekció különböző módú figyelembevétele stb. már ellenkező irányú következtetés levonásához vezethet, hiszen a Nap g-módusainak rendkívül kicsi a növekedési rátájuk (abszolút értékben kisebb, mint 10^{-10}), vagyis a pulzációs energia egy periódusra eső relatív növekedése vagy csökkenése igen csekély!

Helioszeizmológia: új eszköz a Nap belső szerkezetének kutatásában

Az előző fejezetekben ismertetett Nap-oszcillációk felfedezése teljesen új lehetőségeket nyitott a *Nap (és ezzel együtt a csillagok) szerkezetének megismerésében*. Az oszcillációk (a szeizmikus hullámokhoz hasonlóan) mintegy „magukon viselik” annak a közegnek a tulajdonságait, melyeken áthaladtak, vagy ahol keletkeztek. Minél több frekvencián figyelünk meg oszcillációkat, annál pontosabb képet kaphatunk a Nap szerkezetéről (hasonlóan ahhoz, ahogy egy hangszer típusát is könnyebben határozhatjuk meg, ha több hangon tudjuk megszólaltatni). A klasszikus pulzáló változócsillagoknál *maximálisan két módus rezgését* figyelhetjük meg (eddig csak egy csillagnál — az AC And-nál — sikerült három módot azonosítani). Kicsit más a helyzet a β Cephei és a kis amplitúdójú δ Scuti típusú csillagokkal, valamint a változó fehér törpékkel. Bár még rengeteg megfigyelés szükséges, ezeknél a változóknál nemritkán megfigyelhető egyszerre több (de általában kevesebb, mint tíz) sajátrezgés is.

Csupán két frekvencia aránya is nagyon komoly megkötés lehet a csillag főbb paramétereire (például az ún. beat cefeidáknál a sugárra és a tömegre). *A Nap jelenleg megfigyelt módusainak száma pedig jóval szazon felül van!* Persze az oszcillációk frekvenciáin kívül ismertek még amplitúdóik, relatív fázisaik és (nem radiális oszcillációk esetén) a Nap felszínén való eloszlásuk is. Ezen mennyiségek összehasonlítása az elméletileg számoltakkal tovább szűkítheti a Nap szerkezetére vonatkozó bizonytalan paraméterek számát. Bár ilyen részletes összehasonlítás meglehetősen nehéz, a nem-radiális oszcillációk tér- és időbeli struktúráját szemléltető „ $k-\omega$ ”-diagramok máris igen sok segítséget adtak az oszcillációk természetének megértésében.

A Nap jelenleg legjobban ismert oszcillációi az *5 perc körüli periódus-*

tartományban csoportosulnak. Találhatók közöttük kis és nagy szférikus harmonikus foksámokhoz tartozó oszcillációk. A megfigyelések szerint a kis l-értékekhez tartozó oszcillációk nagy módusszámokkal rendelkeznek, míg a nagy l-ekhez tartozók kicsikkel. Ez azt jelenti, hogy az 5 perces globális oszcillációk ($l = 1, 2, 3, 4$; módusszám $= 10-30$) főleg a Nap mélyebben fekvő rétegeiről, míg az $l = 100-1000$ szférikus harmonikus foksámokhoz tartozók a Nap fotoszférájáról szolgáltatnak információt. A jelenlegi megfigyelések a „standard” napmodellel vannak inkább összhangban, s nem utalnak eddigi elképzeléseink semmilyen alapvető megváltoztatásának szükségességére.

A hosszú periódusú (5 perc és néhány óra közötti) oszcillációk már kevésbé ismertek, mérésük rendkívül nehéz kis amplitúdójuk ($\lesssim 1$ m/s) és viszonylag hosszú periódusuk miatt. Bár több oszcilláció fázisáról nagy valószínűséggel feltehető, hogy időben állandó (ami már jelezne az oszcillációk realitását), a kérdés még eléggé vitatott. Az egyetlen oszcilláció, melynek realitásához ma már kevés kétség fér, a *160 perces globális oszcilláció*. Amennyiben az oszcilláció pulzációs eredetű, úgy az a periódus hosszúsága miatt csak *g-módusú pulzáció* lehet. Ez viszont azt jelentené, hogy a 160 perces oszcilláció a Nap *igen mélyen fekvő rétegeiről* is információt szolgáltat, amely döntő fontosságú, hiszen onnan csak az igen nehezen mérhető neutrínósugárzás segítségével kaphatunk még információt.

Bár a méréstechnika, az adatfeldolgozás és a Nap-oszcillációk elmélete igen magas szinten áll, további fejlődésre van szükség, hogy választ kaphassunk egy sor döntő kérdésre és az oszcillációk vizsgálatával valóban lehetőségünk legyen a Nap belső felépítésének diagnosztizálására.

- A nagy *l*-ekhez tartozó 5 perces oszcillációk mérésénél növelni kell a felbontóképeséget mind a frekvencia-, mind pedig a horizontális hullámszámtartományban. Ez a mért adatsorok idő- és térbeli növelésével érhető el. Erre lehetőség az űrszondákon és a Déli-sarkon végzett több napos folytonos észlelések, vagy pedig több napi normális földrajzi szélességen végzett mérések együtt történő analizálásával adódik. Mindenesetre bizonyos kompromisszumra szükség van, hiszen az adatsor idő- és térbeli hosszának növelésével elmosódnak a mérendő mennyiségek (pl. a rotációs sebesség) rövid idejű változásai.
- Hasonlóan, növelni kell az adatsor hosszát az 5 perces globális oszcilláció mérésénél is, hogy a Fourier-spektrumban a csúcsok finomstruktúrája még élesebben kirajzolódjon és ezzel az elméleti frekvenciák pontosabb illesztése lehetővé váljon.
- Több mérést kell végzeni a *kromoszférikus oszcillációkra* vonatkozóan, mert jelenleg ezekről az oszcillációkról főleg csak elméleti jós-lataink vannak.
- Tovább kell vizsgálni a *hosszú periódusú oszcillációkat*, mivel azok

realitásának bizonyítása alapvető a Nap belső szerkezete kutatása szempontjából.

- *Az elmélet területén is nagyon sok probléma van, amit meg kellene oldani. Nem ismert eléggé a konvekció és a mágneses tér hatása az oszcillációkra, legtöbb esetben csak sejthető az oszcillációk gerjesztésének az oka. A nem lineáris effektusok szerepe pedig (amely például oka lehet az oszcillációk kis amplitúdójának) teljesen ismeretlen.*

Látjuk tehát, hogy az elmúlt 5—10 év során történt hatalmas fejlődés ellenére még nagyon sok megoldatlan feladat maradt, mind a mérés-technika, mind pedig az elmélet területén. A fejlődés valószínűleg az elkövetkező években is igen gyors lesz, hiszen a Nap szerkezetének ismerete *alapvető* az egész asztrofizika szempontjából. Talán ezek a vizsgálatok egyszer majd felbátorítanak minket arra, hogy elkezdjük más csillagok fényességének vagy radiális sebességének igen precíz vizsgálatát — amely talán hasonló hiperfinom pulzációról tudósít minket, mint amit most figyelünk meg a Napnál.

ÚJ EREDMÉNYEK A PLANETÁRIS GEOLÓGIÁBAN*

Az elmúlt 15 év során a planetáris geológiában különösen jelentős volt a Hold kutatása, részint a Lunar Orbiterek fényképező programjai révén, részint a későbbi holdraszállások útján; ez utóbbiakat a szovjet ember nélküli Luna szondákkal, illetve az emberes Apollo-expedíciókkal hajtották végre.

Ezen űrkísérletek eredményeként értettük meg először a Holdon játszódó folyamatokat és azok időskáláját, ami azután jó alapot adott arra, hogy (legalább is nagy vonalakban) áttekinthessük a többi Föld-típusú bolygó fejlődését is. Ezért először a holdi eredményekre irányítjuk figyelmünket, majd később megvizsgáljuk a Föld-típusú bolygók (a Merkúr, a Mars, valamint a jupiter- és szaturnuszholdak) nagy léptékű alakzatait, s elemezzük e bolygótestek korai geológiai történetét. Végül — kissé részletesebb elemzéssel — összefoglaljuk a Mars geológiai történetét, pillantást vetve a Vénuszra is, s összehasonlítva a Földdel.

A Hold

A Hold főbb geológiai alakzatai

Holdunk Föld felé néző oldalát az I. tábla 1. kép mutatja: így látszik a távcsövekben. A világos színű anyagok a *holdi felföldek*, melyeket sűrűn borítanak a *becsapódási kráterek*. A messzi múltba: 4,4—4,5 milliárd évre tekinthetünk vissza. A világos szín anortozitos (vagyis nagy kalcium-plagioklász-tartalmú) kőzetektől ered.

A Hold nagy *mélyedéseit* sötét *mare-bazalt* tölti ki, mely a 3—4 milliárd évvel ezelőtti sorozatos vulkáni lávafolyások nyomán terült szét. A mélyedések, alacsonyan fekvő területek jó közelítéssel *kör alakúak*: ilyen például a Mare Imbrium. Ezek a képződmények (mai elképzelé-

* Fordította Bérczi Szaniszló

seink szerint) nagy méretű meteoritikus testek becsapódása következtében jöttek létre, több mint 3,9 milliárd évvel ezelőtt. Ez azt jelenti, hogy ezek a mélyedések *hatalmas becsapódási kráterek*. Medencéknek nevezzük őket, méretük kb. meghaladja a 200 km-t. Több száz éves viták után ma már tudjuk, hogy a *Holdon gyakorlatilag minden kráter becsapódási, s nem vulkáni eredetű*.

Az I. tábla 2. kép a Hold keleti félgömbjét ábrázolja: a középvonaltól balra a látható oldal, jobbra pedig a túlsó félgömb területei helyezkednek el. A Hold túlsó oldalán *kevesebb a mare-bazaltos anyag*, s több a világos színű felföld. Ennek magyarázata az, hogy az ősi magassági kéreg vastagabb a túlsó oldalon, így az nagyban akadályozta a vulkáni mare-anyagok felszínre jutását.

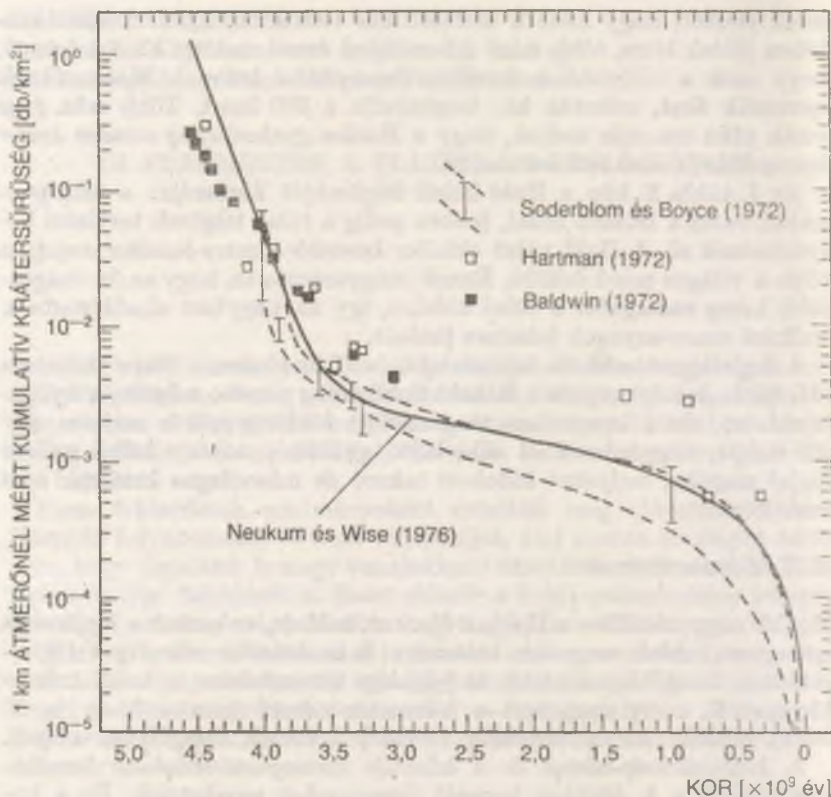
A legjellegzetesebb és legfiatalabb holdi medence a Mare Orientale (II. tábla 1. kép), rögtön a látható holdkorong pereme mögött, a nyugati oldalon. Ez a legegyszerűbben megőrződött *körkörös-gyűrűs medence* egy jól fejlett, hegycsúcsokból álló belső gyűrűt, s néhány külső gyűrűt foglal magába, melyeket kidobott takaró és másodlagos kráterek sora vesz körül.

A Hold krátertörténete

E cikk nagy részében a Hold, a Merkúr, a Mars, valamint a jupiter- és szaturnuszholdak nagyobb krátereire és medencéire irányítjuk figyelmünket, de előbb tekintsük át jelenlegi ismereteinket a holdi krátertörténetről, mely nagyrészt a kilométer-méretű (pontosabban: a 10 m-től néhány km-es átmérőig terjedő) kráterek vizsgálatán alapul.

A *krátersűrűség-adatok* és a kőzetek *kormeghatározásának* összehasonlításából a 1. ábrához hasonló diagramokat nyerhetünk. Ez a különböző szerzők holdi krátertörténet-adatain alapul. A különböző adatok egy két-háromszoros faktor erejéig egyeznek egymással. Saját adataim — részletes elemzés céljából — a 2. ábrán szerepelnek. A radiometriai kormeghatározások adatait különböző laboratóriumok (főleg a berni, heidelbergi és pasadenai) közleményeiből vettem át. Ezek jól dokumentálják a *becsapódási ráta gyors csökkenését a Föld—Hold-rendszer létrejöttét követő 1,5 milliárd esztendő alatt*. Sajnos az 1—3 milliárd évvel ezelőtti időszakról nincsenek időpontadatok. A 3 milliárd évnél idősebb és az 1 milliárd évnél fiatalabb adatok összehasonlításából azonban arra következtethetünk, hogy ebben az időszakban (amint azt az 5. ábra kumulatív krátergyakorisági görbéje, vagyis az összesített kráterezési ütem jelzi) *állandó* volt a kráterkeletkezés üteme.

A holdi felföldek kőzeteire vonatkozó koradatokat T. Kirsten 1979-es összehasonlítása alapján a 3. ábra szemlélteti. Ennek az eloszlási diagramnak az értelmezésén sok múlik. Magam a csúcsok *középpontjának*



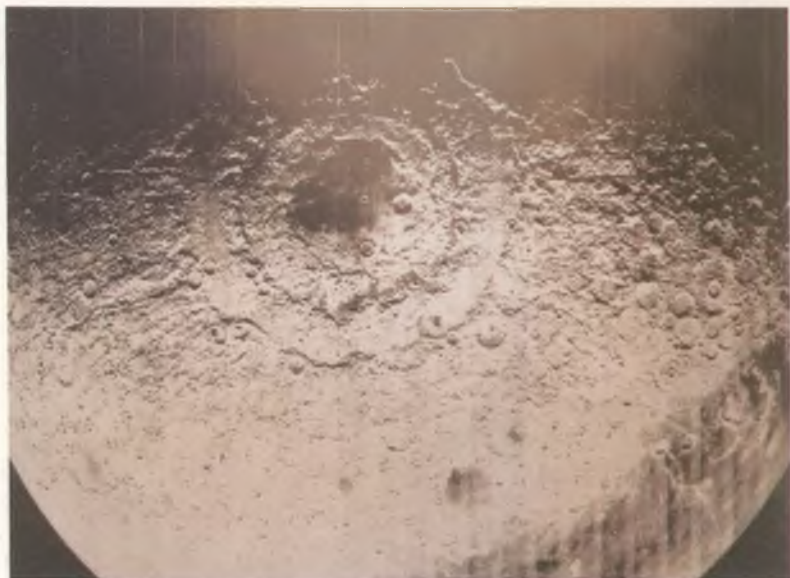
1. ábra. Különböző szerzők holdi kráterkronológiai adatai

helyzetét vettem figyelembe, más szerzők azonban a *legalacsonyabb* értékeket tekintik inkább valóság-hű koradatnak! Az a probléma, ami egy kőzet radiometrikus korának a mintavételi helyhez (vagyis lényegében egyes medencetörténeti eseményekhez) való hozzárendelése kapcsán jelentkezik, a serenitatisi korok esetében látható a legvilágosabban: a legtöbb kutató a 4 milliárd éves csúcsot részesíti előnyben, míg mások — köztük magam is — a második, 4,25 milliárd évnél levő csúcsot tekintik a Serenitatis valódi korának. A 4 milliárd évvel ezelőtti csúcsot ez esetben az Imbrium-medence kidobott takarójával való keveredés, az így létrejött „szennyeződés” hozhatta létre. A korok 4 milliárd évnél való halmozódása vezette arra F. Terat és munkatársait, hogy felvessék: 4 milliárd évvel ezelőtt egy „végső kataklizma” következett be, s ennek

*I. tábla 1. kép.
A Hold látható oldalának
távcsöves képe*



*I. tábla 2. kép.
A Hold keleti félgömbje*



II. tábla 1. kép. A körkörös gyűrűkből álló Mare Orientale



II. tábla 2. kép. A Merkúr többgyűrűs, becsapódási eredetű Caloris-medencéje 1300 km átmérőjű



III. tábla. 1. kép. A Mars geológiai térképe. Kék-szürke: déli felföldek, melyeken nagy a becsapódási kráterek és medencék gyakorisága



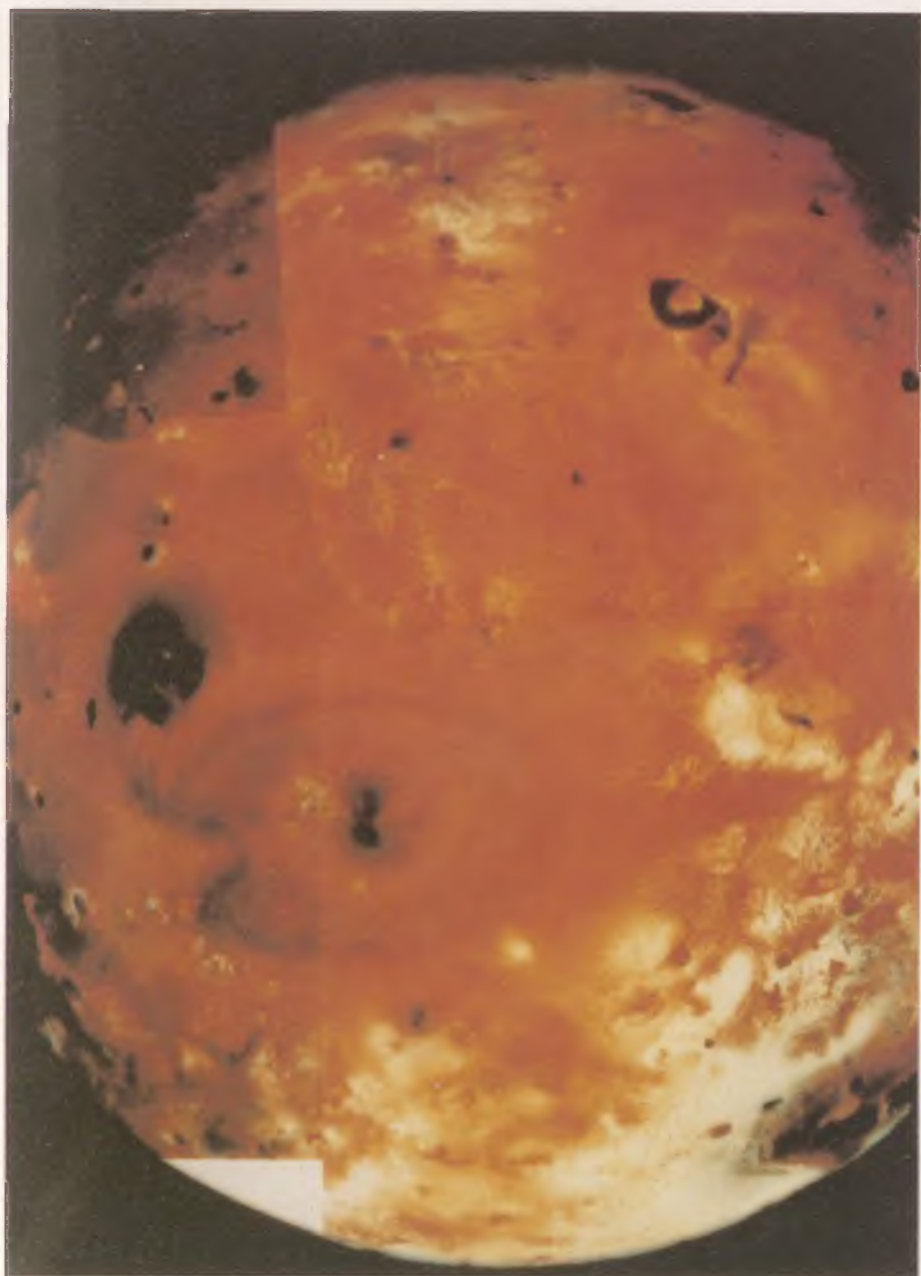
III. tábla. 2. kép. A Jupiter Ganymedes nevű holdja. A sötét színű, idősebb kéregdarabokon nagyobb a becsapódási kráterek száma



IV. tábla. 1. kép.
A Jupiter Callisto
holdját sűrűn elbo-
ritják a becsapódási
kráterek



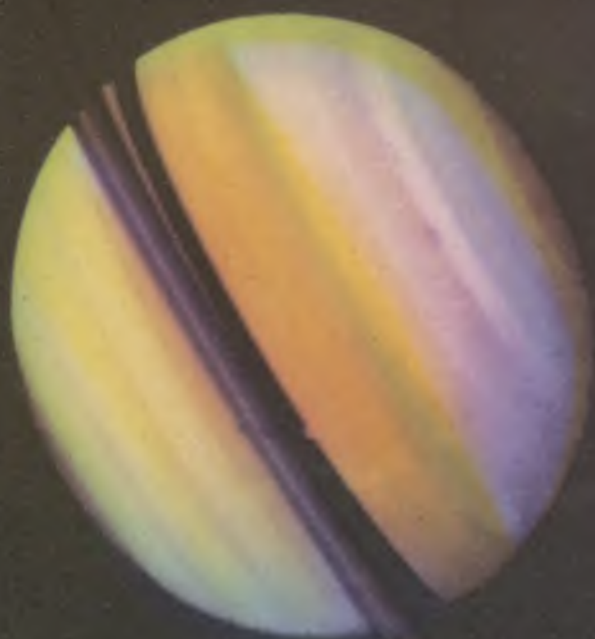
IV. tábla. 2. kép.
Vulkánkitörések
az Ión



V. tábla. A Voyager űrszonda felvétele a Jupiter Io nevű holdjáról



VI. tábla. A Jupiter *Europa* nevű holdjának törésvonalai



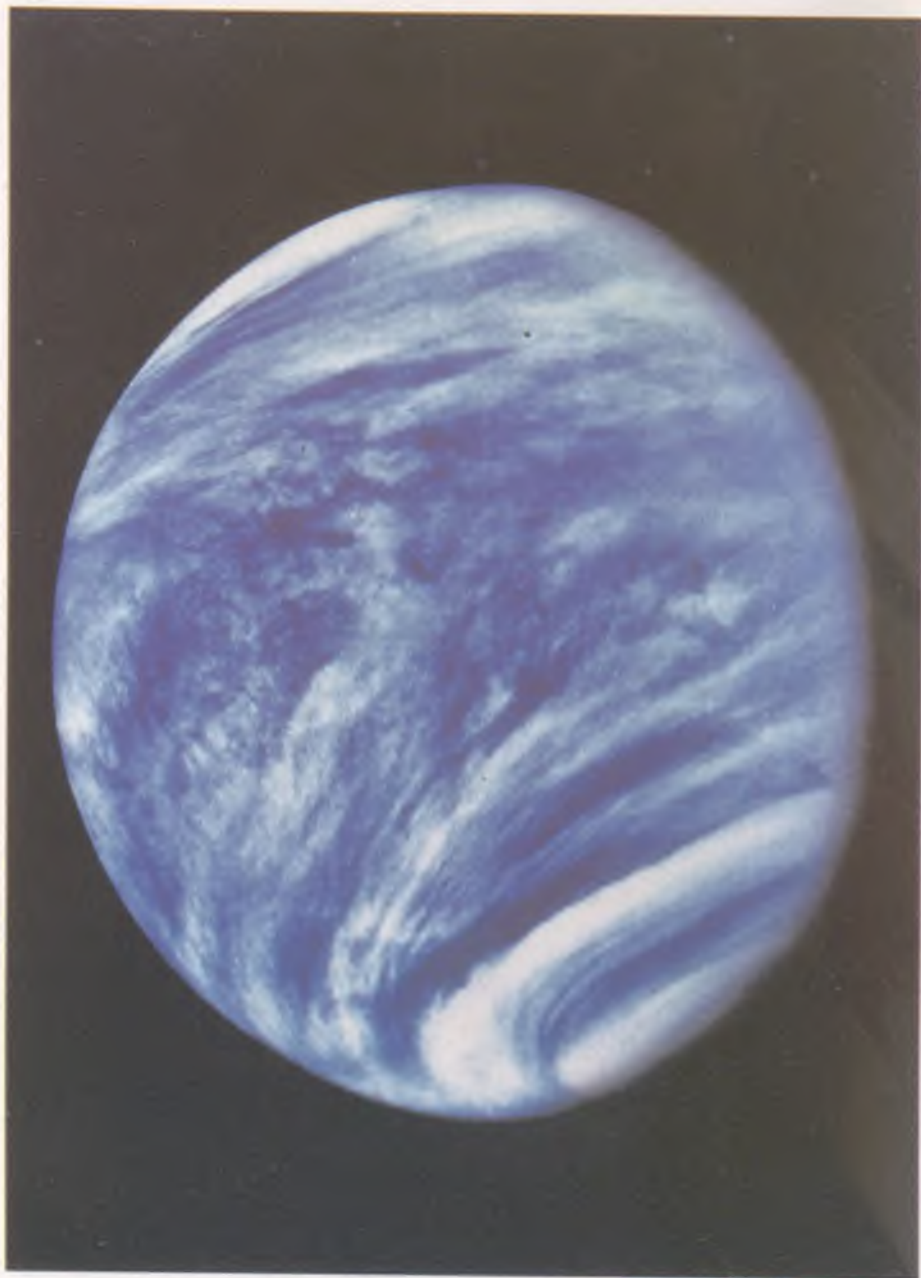
VII. tábla. Voyager-kép a Szaturnuszról (hamis színek)



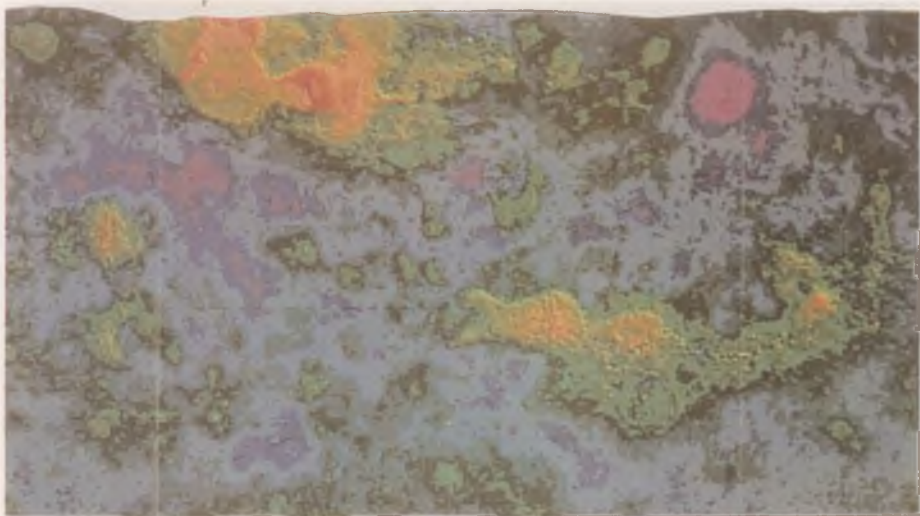
VIII. ábra. A Szaturnusz gyűrűrendszerének kontrasztfokozott képe



IX. tábla. A Szaturnusz Mimas nevű holdjának sűrűn kráterezett felszíne



X. tábla. A Vénusz felhői



XI. tábla 1. kép. A Vénusz radartérképe a Pioneer-Venus—1 mérései alapján

XI. tábla 2. kép. A Mars északi poláris sapkája





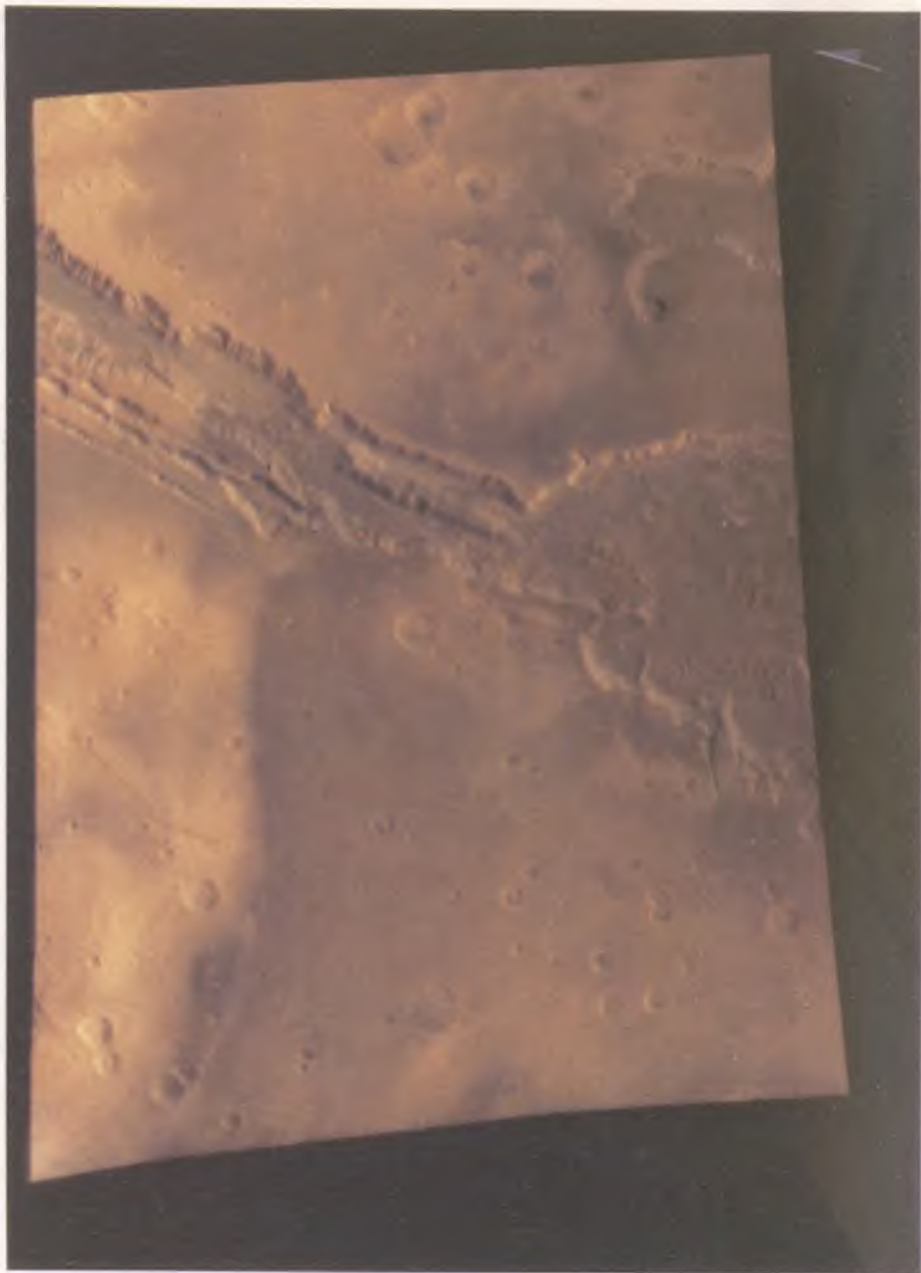
XII. tábla 1. kép.
 Marsi csatorna a Lunae Planumon,
 kb. 1000 km-re a Viking—1 leszá-
 lási területétől



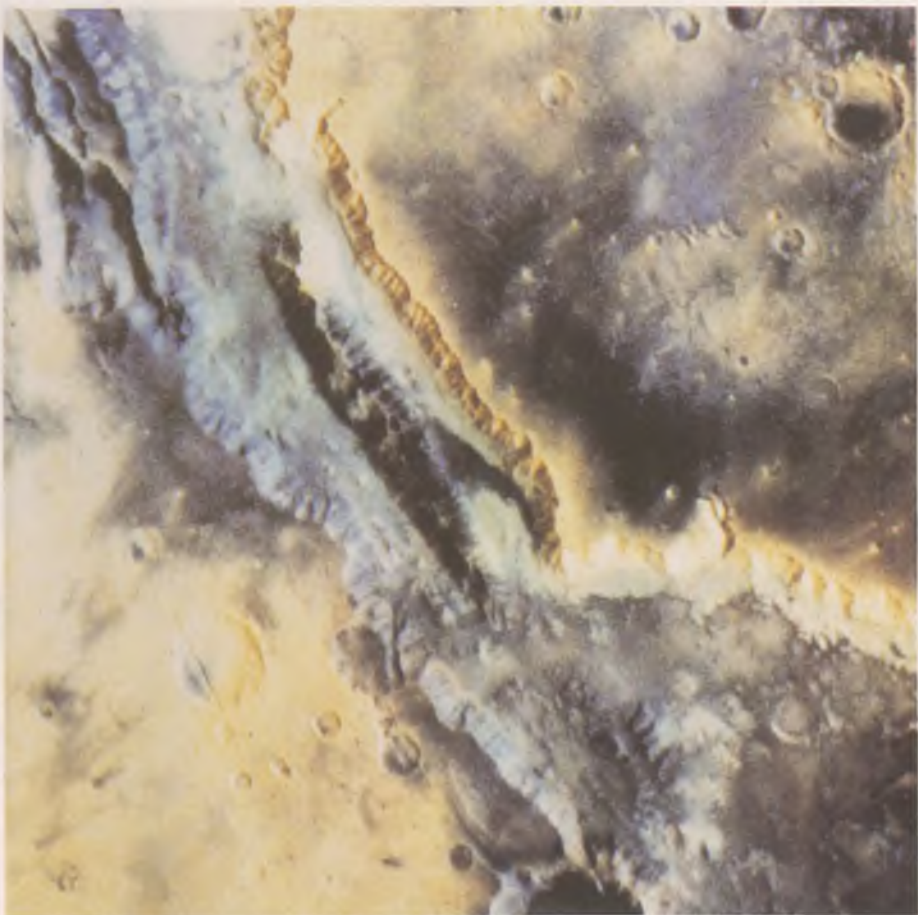
XII. tábla. 2. kép.
 Marsi csatorna a Lunae Planumon,
 kb. 1000 km-re a Viking—1 leszá-
 lási területétől



XIII. tábla A Tharsis-vulkánok a Marson



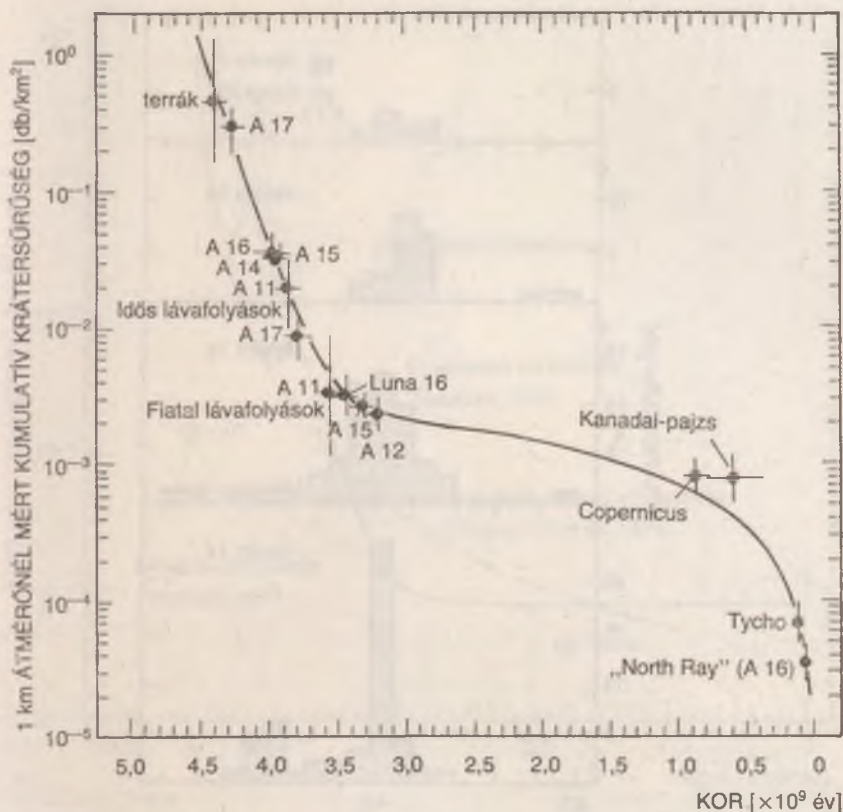
XIV. tábla. A Valles Marineris nevű hatalmas tektonikus árok a Marson



XV. tábla. A Valles Marineris részlete, javított színezéssel, amely kiemeli a talajösszetételbeli különbségeket



XVI. tábla. Az Olympus Mons csúcsán levő kaldera

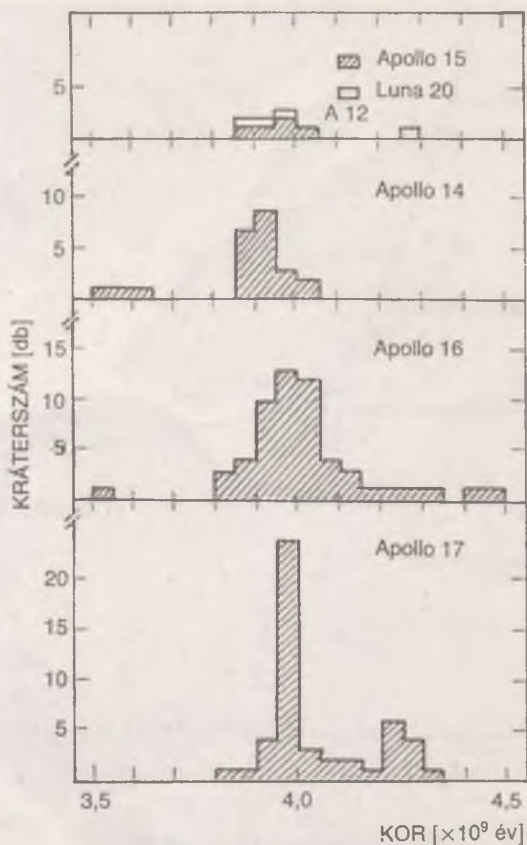


2. ábra. A szerző saját holdi kráterkronológiai adatai

során keletkeztek a nagy léptékű kráterek (medencék) — legalábbis a Hold innenső oldalán.

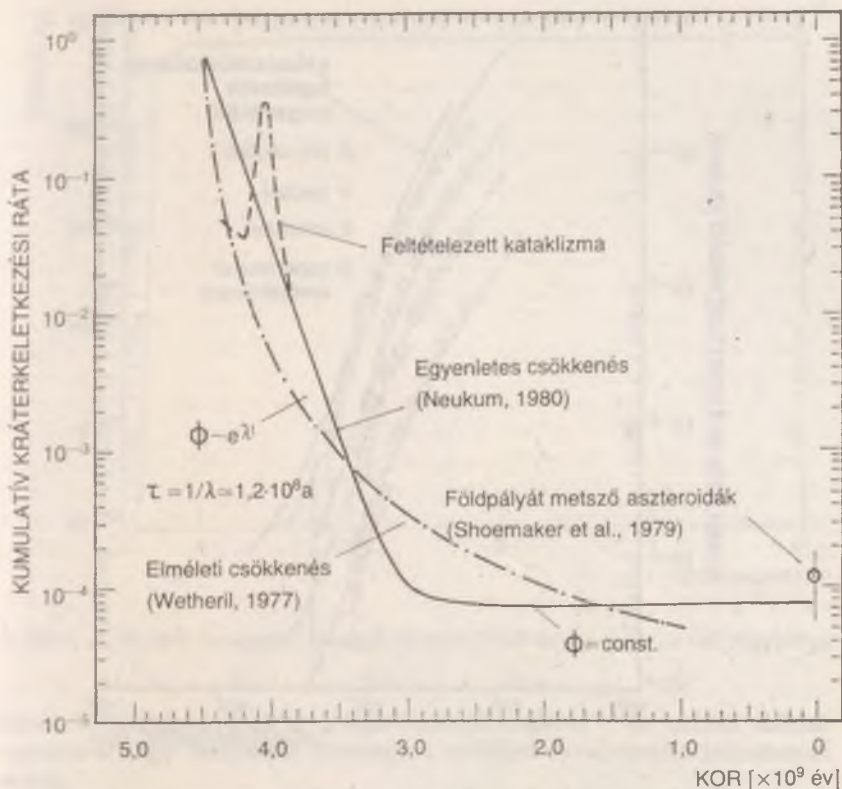
A különböző lehetséges kráterezési rátákat a 4. ábra mutatja: itt az idő függvényében adjuk meg a holdkráterek keletkezési ütemét.

Újabban részletesen megvizsgáltuk a kataklizma-kérdést. Ha valóban volt egy ilyen „végső kataklizma”, akkor ennek meg kell mutatkoznia mind a holdi medencék relatív korában, mind a medencekeletkezés ütemének az időtől való függésében. Sőt, ekkor a holdkráterek méret szerinti gyakoriságában is változásnak kellett bekövetkeznie! Mielőtt azonban erre a kérdésre megadnám a választ, néhány sztratigráfiai (rétegtani) fogalmat kell bevezetni.



3. ábra. A holdi felföldi kőzetek radiometriás koradatai. (Kirsten nyomán)

A Hold rétegtana (mint ahogy azt az 1. táblázat is mutatja) bizonyos medencékhez vagy hatalmas kráterekhez kapcsolódik, s a megfelelő rétegeket is erről nevezték el. A következőkben sorakoztassunk fel néhány bizonyítékot azon becsapódási kráterek keletkezési ütemének egyenletes csökkenésére, melyek jó néhány pre-nectari, nectari és imbriumi medencére települtek, majd ezt a keletkezési gyakoriságot hasonlítsuk össze a Hold túlsó oldalának legidősebb területein mérhető teljes krátergyakorisággal! (Ez utóbbi adatban persze csak a nagyobb becsapódásokat vesszük figyelembe!)

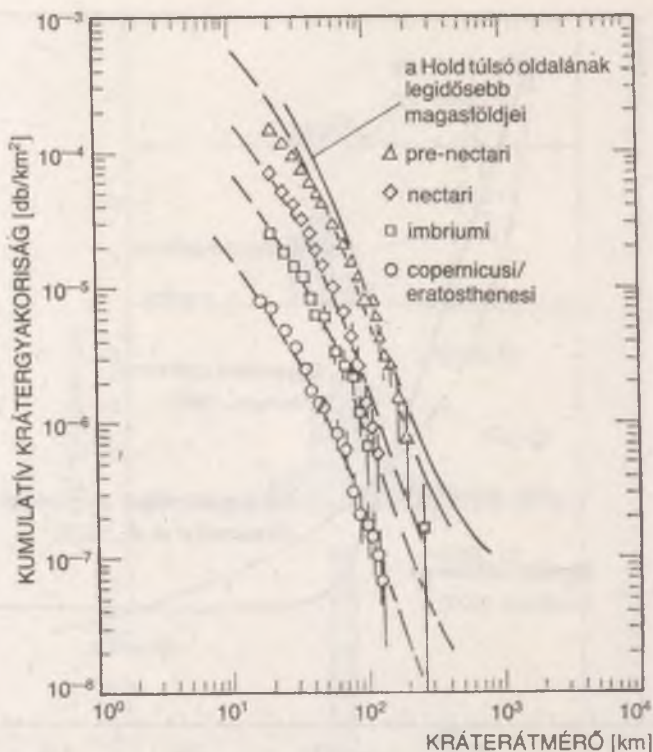


4. ábra. A holdi kráterkeletkezési ráta az idő függvényében: tapasztalati és elméleti adatok. (Ez a diagram a holdi kráterkronológia-görbe idő szerinti deriváltja)

1. táblázat

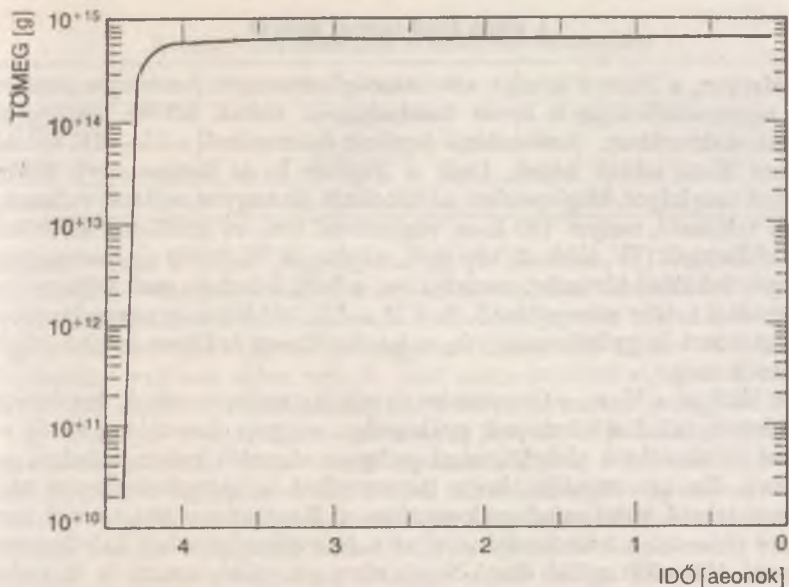
A Hold rétegtana

FIATALABB ↑	COPERNICUSI	Copernicus
	ERATOSTHENESI	Eratosthenes
	IMBRIUMI	Imbrium-medence
	NECTARI	Nectaris-medence
	PRE-NECTARI	a legöregebb felföldek



5. ábra. Krátergyakoriság az imbriumi, nectari és pre-nectari medencékre, a holdi felföldekre, valamint a copernicusi és eratosthenesi korú kráterekre. (Az utóbbi két adatot az egész Holdra kiterjedő minta alapján állapították meg)

Az 5. ábra az imbriumi, nectari, pre-nectari medencék, a holdi felföldek területén található nagy kráterek, valamint a copernicusi és eratosthenesi becsapódások gyakoriságát mutatja. Az adatok a nagy kráterek méret szerinti gyakorisági eloszlásának állandóságát szemléltetik a múlt nagy részében. A nectari krátergyakoriság egy kb. háromszoros faktorral magasabb, mint az imbriumi, de kb. ugyanennyivel alacsonyabb, mint a pre-nectari. Az utóbbi érték viszont csak kevéssel marad a holdi felföldek kráterezettsége alatt. Ez azt jelenti, hogy a nagy kráterek többsége a pre-nectari időkben keletkezett, s nem az imbriumi időkben. A holdi medencék (pre-nectari, nectari, imbriumi) számának összehasonlítása hasonló számarányokat ad, mint a krátergyakorisági összefüggések (2. táblázat). Következésképpen: nincs baj az egyenletes csök-



6. ábra. A Holdra becsapódó tömegek fluxusa ($\text{km}^2\text{-ként}$) mint az idő függvénye

kenés elméletével, csak a „végső kataklizmaéval”: ez utóbbi szerint ugyanis a nagy medencék többsége 4 milliárd évvel ezelőtt keletkezett volna.

2. táblázat

A holdi medencék* kor szerinti megoszlása

„ves medence**	pre-nectari**	nectari	imbriumi
43 db	30 db	10 db	3 db

Mindazonáltal egy hallatlanul heves „bombázás” zajlott le kezdetben, melyet azután gyors csökkenés követett. Ezt illusztrálja a Föld—Hold-rendszerbe érkező „tömegáram” időbeli változása (6. ábra). Kb. 4 milliárd évvel ezelőtt azután minden lezárult: a későbbiek során érkező és becsapódó tömeg már elhanyagolható.

* átmérő 265 km

** közülük 12 db bizonytalan

A többi Föld-típusú égitest

A Merkúr, a Mars s (amint azt nemrégiben megtudhattuk) a Jupiter- és szaturnuszholdak is heves bombázásnak voltak kitéve történetük korai szakaszában. Kráterekkel borított felszíneikről a II.—IV. táblák színes ábrái adnak képet. Csak a Jupiter Io és Europa nevű holdja mutat más képet. Meglepetésre az Ión aktív (és nagyon sajátos) vulkanizmus található, melyet 140 K-en végbemenő kén- és kéndioxid-kitörések működtetnek (IV. tábla 2. kép és V. tábla). A VI. tábla az Europa jégkérget behálózó töréseket mutatja be: a hold felszínén csak néhány becsapódási kráter azonosítható. A VII.—IX. táblák és a színes borító a Szaturnuszt és gyűrűrendszerét, valamint Mimas és Dione nevű holdjait örökítik meg.

A Merkúr, a Mars, a Ganymedes és néhány szaturnuszhold legidősebb területein található kráterek gyakorisága nagyon *hasonlónak* tűnik — mind az eloszlások alakját, mind pedig az abszolút kráttersűrűséget tekintve. Ez azt sugallja, hogy (amennyiben a kráterkeletkezési ráta összemérhető volt) mindegyik esetben a *Naprendszer történetének igen korai időszakára tekinthetünk vissza*: a bolygórendszerünk keletkezését követő 100—200 millió évre! Napjainkra már több kutató is ki tudta mutatni, hogy a *belső Naprendszerben valószínűleg tényleg összemérhetőek voltak az egyes bolygók kráterkeletkezési rátái*, mindvégig az idők folyamán.

Az óriásbolygók holdjai esetében azonban más a helyzet: csak nagyon keveset tudunk a becsapódási gyakoriságokról — a jelenlegiekről éppúgy, mint a múltbeliekről. A Szaturnusz rendszerében (a 3. táblázat szerint) sajátos a becsapódások módja: *az óriásbolygó határozza meg a körülötte keringő holdakon a becsapódások feltételeit*. Ugyanez a helyzet a Jupiter esetében is. Az ütközés sebessége gyakorlatilag az óriásbolygó gravitációs vonzóerejétől függ, de a gravitációs becsapódási hatáskezesztmetszetet (vagyis a kráterezési rátát) nagyban befolyásolja a gravitációs gyorsításból eredő sebesség és a meteoritikus test (végtelen távolságra számított) relatív sebességének aránya is. (Ezt az utóbbi értéket 5 km/s-nak vettük, de valójában nem ismerjük pontosan!)

A Szaturnusz holdjainak sajátos összetétele azonban lehetővé teszi a fentebb említett tulajdonságok meghatározását. Sűrűségük és albedójuk alapján ezek a holdak nagyrészt *jégből* állnak, amit *kevés szilikátos anyag* egészít ki. A radioaktív fűtés és az ennek következtében létrejövő felületátrendeződés itt valószínűleg nem volt számottevő. Ezért az egész messzi múltba tekinthetünk vissza, valószínűleg a 4,5 milliárd évvel ezelőtti idők közelébe. A közeljövő részletes mérései és számításai először teszik majd lehetővé, hogy megállapíthassuk, mekkorák voltak a meteoritáramok és a relatív találkozási (ütközési) sebességek a Szaturnusz-rendszerben nem sokkal a Naprendszer kialakulása után.

Becsapódási feltételek a szaturnuszholdakon

szaturnuszhold	távolság a bolygótól (km)	V^*_{grav}	V^{**}_{grav}
Mimas	$1,86 \times 10^6$	20,2	20,8
Dione	$3,77 \times 10^6$	14,2	15,1
Rhea	$5,27 \times 10^6$	12,0	13,0

Térjünk vissza a belső Naprendszerbe, a Marshoz, a Vénuszhoz és a Földhöz. A Vénusz felé indított szovjet és amerikai űrszondák számottevően kiszélesítették ismereteinket erről a bolygóról. Ma már biztos, hogy a Vénusz felhői (X. tábla) nagyrészt kénsvápból állnak. A felszíni hőmérséklet valóban olyan pokoli, mint azt a korábbi mérések mutatják: 480°C körüli, a széndioxidlégkör felszíni nyomása pedig 90 bar.

Úgy tűnik, a Vénusz légköre nem sokat fejlődött kialakulása (a magmás-vulkáni aktivitás útján történt kigázósodás) óta, s így valószínűleg hasonlít a Föld őslégkörére. Ha a földi kőzetekben kötött, szilárd karbonátok formájában jelenlevő szén-dioxidot felszabadítanánk, akkor Földünk légköre is hasonló összetételű és nyomású lenne, mint ma a Vénuszé. A lényeges különbség azonban a két bolygó között az, hogy a Vénuszon gyakorlatilag nincsen víz — éles ellentétben a Földdel.

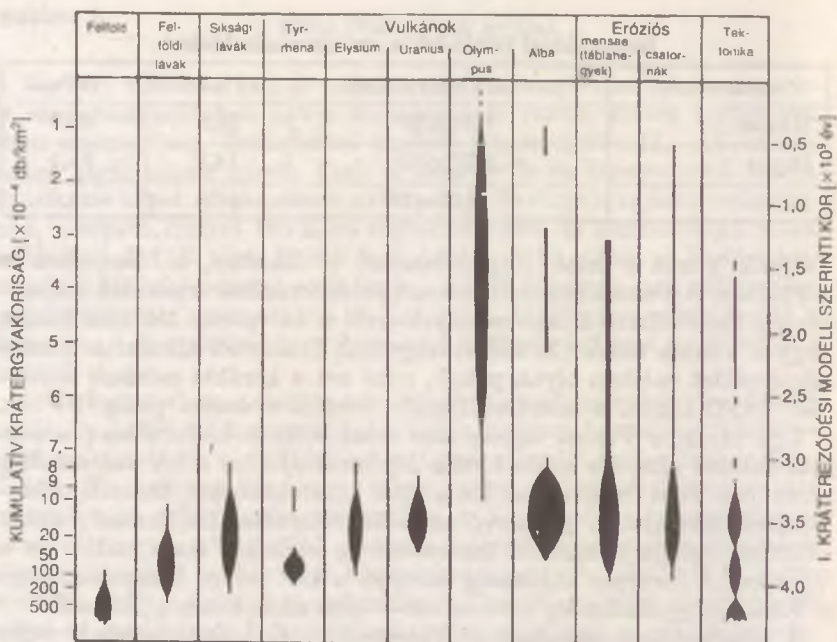
A közelmúltban végrehajtott Pioneer-Venus-1 radarmérések végre megmutatták a Vénusz felszíni részleteit (XI. tábla 1. kép). Meglepő módon a Vénuszon kontinensek vannak (akár a Földön), s ez merőben eltér attól, amit a Naprendszer eddig felkeresett égitestjein tapasztalhattunk! A topográfiai különbségek néha igen tekintélyesek, mint azt az északi kontinens 12 km magas hegyvidéke (a Maxwell) bizonyítja.

Vizsgáljuk most meg a Marsot kissé részletesebben az összehasonlítás végett! A Marson, szilárd alakban, mindmáig van víz. A Mars széndioxid- és vízjégből álló északi sarki sapkáját a XI. tábla 2. kép mutatja. Ma, amikor a felszíni nyomás a ritka marsi széndioxid-légkörben csupán 7 mbar, folyékony halmazállapotú víz a felszínen nem is lehetséges, de a múltban, a sűrűbb atmoszféra idején, voltak a Mars felszínén vízfolyások. Ezt számos képződmény igazolja: ősi, marsi folyóvizek vájta csatornarendszerekről ad két példát a XII. tábla.

A Marson jelentős volt a vulkáni és tektonikus tevékenység is, amit a gigantikus Tharsis-vulkánocsoport (élén a legnagyobb, az alapjánál 600 km átmérőjű, s 25 km magas Olympus Monssal; XIII. és XVI. tábla és a 2000 km hosszú, 200 km széles tektonikus árok, a Valles Ma-

* a Szaturnusz gravitációs gyorsító hatására létrejövő sebesség, km/s-ban. ($V_\infty = 0$).

** ugyanaz, csak $V_\infty = 5$ km/s.



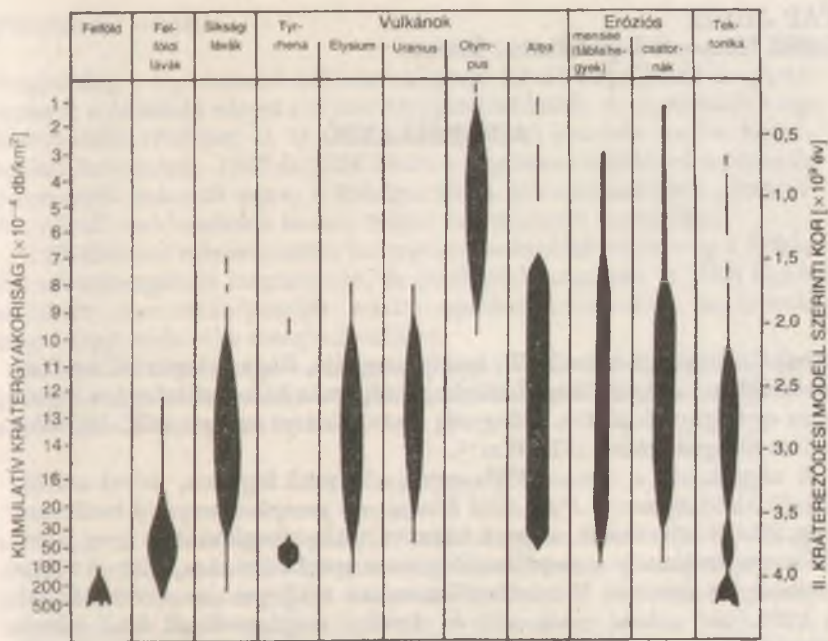
7. ábra. A Mars geológiai fejlődésének modelljei a kráterstatistikák alapján (Neukum és Hiller)

rineris bizonyít. A XIV. és XV. tábla a Valles Marineris egy részletének valódi és számítógéppel javított színekben készült felvételét mutatja.

A múltbeli vulkáni és tektonikus tevékenység ellenére a Marson sohasem alakultak ki földi „stílusú” kontinensek, s nem fejlődött ki semmilyen kéreglemez-mozgás sem. Ma a Mars geológiai megtehetően halott égitest. Geológiai fejlődésének zöme a kráterstatistika (7—8. ábra) alapján a bolygó történetének *korai* időszakára tehető.

Három közeli szomszéd bolygó van: a Föld, a Mars és a Vénusz. Néhány dologban hasonlítanak egymásra, de (egészében szemlélve őket) jobbra különböznek egymástól. Különösen a Föld. Csak a Földön vannak kéreglemez-mozgások, a Vénuszon ezt a jelenséget még nem bizonyították. Egyedül a Föld rendelkezett nagy mennyiségű vízzel fejlődéstörténete során. Ez tette lehetővé az élet kifejlődését, ami drámai hatást gyakorolt a légkörre, mert az *élőlények az őslégkör szén-dioxidját a jelenlegi nitrogén—oxigén összetételűvé alakították.* A víz jelenléte lehet az oka a Földön lejátszódott páratlan geológiai fejlődésnek is.

Az űrszondák kameráin keresztül csak éppen egy-egy közeli pillan-



8. ábra. A Mars geológiai fejlődésének modelljei a kráterstatistikák alapján (Neukum és Hiller)

tást vehettünk még bolygósomszédainkra. Reméljük, hogy a bolygó-kutatás tovább folytatódik, s az ilyen irányú törekvéseket nem csökkentik számottevően. Sok felfedezésre és megismerésre váró dolog maradt még ismeretlenül előttünk bolygónk múltjáról. Ezeket az összefüggéseket pedig legjobban a bolygótestek összehasonlítása útján tárhatjuk fel...

Irodalom

- Neukum G., Hiller K. (1981): *Martian Ages*; J. Geophys. Res. 86, 3097—3121.
 Kirsten T. (1979): *Lunar Highland Chronology; Origin and Distribution of the Elements*. (Editor L. H. Ahrens), Pergamon Press, 91—98.
 Tera F., Papanastassiou D., Wasserburg G. (1974): *Isotopic evidence for a terminal lunar cataclysm*; Earth Planet. Sci. Lett. 22, 1—21.
 Soderblom L. A. (1977): *Historical variations in the density and distribution of impacting debris in the inner solar system: Evidence from planetary imaging; Impact and Explosion Cratering* (Pergamon Press), 629—633.
 Shoemaker E. M. (1977): *Astronomically observable craterforming projectiles Impact and Explosion Cratering* (Pergamon Press), 617—628.
 Hartmann W. K. (1978): *Martian Cratering V: Toward an Empirical Martian Chronology and its Implications*; Geophys. Res. Lett. 5, 450—452.

A NAPÁLLANDÓ

A napállandó az a számérték, amely megadja, hogy átlagos Föld—Nap távolságban, a légkör felső határán, a sugárzás haladási irányára merőleges egységnyi felületre, időegység alatt mennyi energia esik. Ma elfogadott átlagos értéke 1370 Wm^{-2} .

A napállandó a meteorológia egyik alapvető fogalma, mivel a földi klímát elsődlegesen a *Nap által kisugárzott energiamentyiség* határozza meg. Ebből következik, hogy a klímaváltozás vizsgálatában igen jelentős szerepet játszik a napállandó pontos meghatározása, illetve változásának kimutatása. E kérdésnél azonban több probléma vetődik fel. A különböző mérési módszerek és elméleti megfontolások által jelzett változások kicsik, tized százalékos — vagy még annál is kisebb — nagyságrendűek, s ez a mai műszerek mérési pontosságának határán van. Emiatt a lehetséges változásokat nem tudjuk jól elkülöníteni a különböző műszereffektusoktól, kalibrációs és skálaproblémáktól. Mivel a napállandó légkörön túli, közvetlen mérései csak 1975-ben kezdődtek, ez az idő rövid, hogy bármit is mondassunk a napállandó hosszú távú változásáról.

A napállandó mérési módszerei

A napállandó első mérését S. Pouillet hajtotta végre 1837-ben, Franciaországban. A kezdeti mérések pontossága a jelenleg elfogadott érték 10 %-án belül volt; ezt a nagy bizonytalanságot a földi légkör szelektív áteresztőképessége okozta. Először S. P. Langley (1880) készített hőérzékeny bolométereket, amelyek lehetővé tették a földi légkör erős molekuláris elnyelő hatásának mennyiségi tanulmányozását és az atmoszférikus hatások korrekcióját.

Napjainkig a leghosszabb időintervallumot lefedő napállandó-meghatározások a *felszínen végzett mérések* alapján történtek. A napállandó meghatározását 1902-ben C. G. Abbot vezetésével kezdték meg a Smithsonian Intézetben. 1923 és 1954 között a *napfluxus mérésének legátfogóbb programját hajtották végre*, s kidolgozták a jól megalapozott „hosszú” és „rövid” módszerként ismert mérési és redukciós eljárásokat.

A földfelszíni mérések során ún. *pyrheliométerekkel* mérik meg a Földre érkező napsugárzás intenzitását, és ezzel párhuzamosan (a földi légkör szelektív áteresztőképessége miatt) *spektrolométerekkel* határozzák meg a Nap spektrális energiaeloszlását.

Az atmoszférába hatoló sugárzás a légköri úthossztól függően egyre gyengül, amelyet a *Bouguer—Lambert-féle empirikus törvény* alapján a következőképpen írhatunk le:

$$I_{\lambda}(z) = I_{0\lambda}(z) \cdot p_{\lambda}^{M(z)}$$

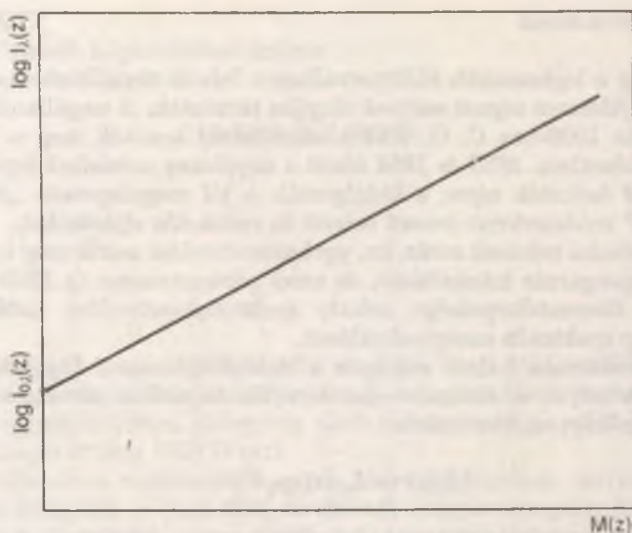
ahol $I_{\lambda}(z)$ a z zenittávolságnál, λ hullámhosszon mért sugárzás intenzitása; $I_{0\lambda}(z)$ a z zenittávolságnál, λ hullámhosszon az atmoszférán túli intenzitásérték; p_{λ} a légkör áteresztőképességére jellemző függvény; $M(z)$ a relatív légtömeg.

A gyakorlatban a felszínen mért intenzitások légkörön túli értékeit a *Bouguer-módszerrel* határozzák meg. A fenti egyenlőséget logaritmizálva a következő összefüggéshez jutunk:

$$\log I_{\lambda}(z) = \log I_{0\lambda}(z) + M(z) \cdot \log p_{\lambda}$$

Ha az $M(z)$ relatív légtömeg függvényében ábrázoljuk a $\log I_{\lambda}$ -t, egy egyenest kapunk, amely $M(z) = 0$ esetén a $\log I_{\lambda}(z) = \log I_{0\lambda}(z)$ pontban metszi a függőleges ordinátatengelyt. Vagyis *zéró relatív légtömeg esetén megkapjuk a λ hullámhosszú sugárzás intenzitásának az atmoszférán kívüli értékét (1. ábra)*. Ezt az extrapolációs eljárást minden hullámhosszra elvégezve kapjuk meg az észlelt hullámhossztartományban a napspektrum légkörön túli intenzitáseloszlását.

A napállandó meghatározására kidolgozott „hosszú” módszernél a relatív intenzitások meghatározására egy olyan *spektrolométert* használtak, melynek érzékenysége a 0,346 és 2,4 μm -es hullámhosszak között tette lehetővé a mérést. Ezt a hullámhossztartományt 40 db egyenlő szélességű keskeny sávra osztották fel, s minden sávban megmérték az I_{λ} értékét. Ennél a módszernél *egész nap, minden zenittávolságnál végeztek méréseket*, s feltették, hogy a légkör áteresztőképessége legalább fél napon keresztül állandó marad. A légkörön túli $I_{0\lambda}$ sugárzásértéke-



1. ábra. A Bouguer-módszer

ket azután a fent vázolt Bouguer-módszerrel határozták meg. A spektrobolometrikus mérésekkel párhuzamosan, ugyanazon zenittávolságoknál standard pyrheliométerekkel mérték a felszínre érkező teljes sugárzási mennyiséget. Ha a pyrheliométerrel mért sugárzás értéke Q , nyilvánvaló, hogy $\Sigma I_\lambda = Q$ és $\Sigma I_{0\lambda} = S$, ahol S a $0,346\text{--}2,4\text{ }\mu\text{m}$ hullámhossztartományra vonatkozó napállandó értéke.

Az így meghatározott napállandóértéket még korrigálni kell a légköri és műszeres veszteségekre, s a korrigált adatot 1 cs.e. távolságra kell átszámítani! A napállandó végső értékét a következő kifejezés adja meg:

$$S = \left(\frac{R}{R_m} \right)^2 \cdot Q \cdot \frac{\Sigma I_{0\lambda} + \sigma_0}{\Sigma I_\lambda + \sigma}$$

ahol R a Föld—Nap távolság a mérés idején, R_m pedig az átlagos Föld—Nap távolság. A σ_0 tartalmazza a földi légkörben elnyelődött ultraibolya és infravörös sugárzás korrekcióját, a σ pedig az észlelőberendezésben fellépő veszteségekre vonatkozó ún. „spektrobologram-korrektció”. Ez utóbbira azért van szükség, mert a spektrobolométerek a pyrheliométereknél szűkebb hullámhossztartományban érzékelnek.

Az infravörös korrekció értékét a napspektrum abszorpciós vonalainak erősségéből, vagy a Nap és egy 6000 K -es fekete test energiaeoszlásá-

nak összehasonlításával határozzák meg. Az *ultraibolya* korrekció értékére csak igen pontatlan becslések vannak, mivel a légkör molekuláris oxigén-, valamint ózontartalma az ultraibolya sugárzás nagy részét kiszűri; továbbá ebben a tartományban a Nap spektrális energiaeloszlása eltér a 6000 K-es fekete testétől. A korrekció meghatározására légköri modelleket, újabban rakétákról, mesterséges holdakról végzett méréseket használnak, amelyek szintén bizonytalanok. A fő problémát az okozza, hogy a rövid hullámhossztartományokban jelentős intenzitásváltozások vannak, amelyek elsősorban a felsőlégkört befolyásolják, de ma még nem tudjuk, vajon ezek a változások áttételesen nem hatnak-e a troposzférára és az alsó sztratoszférára, ahol az időjárási folyamatok lejátsszódnak.

A napállandónak a „hosszú” módszer alapján történő meghatározása — mint láttuk — komplikált és időigényes. Ennek kiküszöbölésére dolgozták ki a „rövid” módszert. A 40 db keskeny spektráltartományban *csak egyetlen zenittávolságnál végeznek mérést*, és a Bouguer-módszerrel való extrapolációt ezzel az egyetlen méréssel hajtják végre. (Az atmoszférikus gyengítést a „hosszú” módszerrel végrehajtott mérések alapján ismertnek tételezik fel.)

A Smithsonian Intézetben meghatározott napállandó-értékek átlagára 1353 Wm^{-2} adódott, s a kétféle módszerrel kapott napállandó értékek között az eltérés $0,75\% \pm 0,03\%$.

A földfelszínről végzett mérések tehát bonyolultak, és számos hibaforrást tartalmaznak. A napállandó meghatározásának legnagyobb bizonytalanságát az ultraibolya és az infravörös korrekció jelenti, mivel az elnyelést okozó részecskék mennyisége, tér- és időbeli eloszlása nem mérhető közvetlenül a felszínről, így hatásukat csak nehezen és pontatlanul lehet megbecsülni. A légköri áteresztőképesség változásáért felelős aeroszol részecskék időbeli eloszlása, mennyisége erősen, néha óráról-órára változik, emiatt ezek hatását is nehéz figyelembe venni. Az aeroszol lényegében a légkör legalsó, 1—2 km-es szakaszán helyezkedik el, ezért a sugárzásméréseket célszerű magashegyi állomásról végezni; 3 km felett már nem kell a légköri áteresztőképesség gyors változásaitól tartani.

Ballonos, repülőgépes és rakétás mérések

A napsugárzás vizsgálata a számottevő hatású légköri rétegek felett az 1950-es években kezdődött. A II. világháború után az USA Haditengerészeti Tudományos Kutatólaboratóriumában megkezdték az addig nem észlelhető, $0,29 \mu\text{m}$ -nél rövidebb hullámhossztartományok vizsgálatát a *V2 rakéták* felhasználásával. 1967 augusztusában a Goddard Űrrepülési Központ (GSFC) és az Ames Kutatóközpont (ARC) csoportja

kezdte meg a napsugárzás fluxusának és spektrális energiaszétválásának repülógépes méréseit, 11—12 km magasságban. A későbbi rakétás méréseket az Eppley-Jet Propulsion Laboratórium (Eppley-JPL) kutatói készítették elő 11,5—15 km magasan, repülógépek fedélzetén. 1966 és 1968 között összesen 14 repülógépes mérést végeztek, melyek átlaga $1360 \text{ Wm}^{-2} \pm 0,1 \text{ Wm}^{-2}$ volt.

1961 és 1967 között a leningrádi egyetem fizikus csoportja, K. J. Kondratyev vezetésével 20 ballont bocsátott fel a Nap spektrális és integrális energiaszétválásának mérésére. A ballonok lebegési magassága 26 és 33 km között volt. A leningrádi egyetem fizikus csoportjának mérései mellett az Egyesült Államokban D. G. Murcay és munkatársai végeztek ballonos kísérleteket, 1967 és 1968 között. 1979-ben és 1980-ban a NASA a Geneva Obszervatóriummal kooperációban hajtott végre ballonos méréseket, amelyekhez 0,26 %-nál pontosabb abszolút műszereket használtak.

A napsugárzás első direkt, közvetlen mérését 1967. október 15-én, az *X—15 rakétarepülógép* fedélzetéről hajtották végre, 82 km magasságban. (1969 után olyan periódus következett, amikor nem volt a napállandó meghatározására vonatkozó mérés, egészen a *Nimbus—6 mesterséges hold* 1975 júliusában történt startjáig, de a mesterséges holdakról végzett mérések mellett folytatták a rakétás kísérleteket is. Ezek részben a mesterséges holdakon elhelyezett műszerek kalibrálására szolgáltak.)

Az első rakétás mérési programot R. C. Willson dolgozta ki. Az első repülést 1976. június 29-én, a másodikat 1978. november 16-án hajtották végre, a mérésekhez Willson ACR-típusú abszolút standard pyrheliométerjeit használták. A két időpont között a mérési pontosság 0,1 % maradt, mely arra mutat, hogy a teljes napfluxus 0,4 %-kal növekedett 1976 és 1978 között. Ennek ellenőrzésére 1980-ban megismételték az 1976-os és 1978-as méréseket, egy, a JPL-ban készített abszolút pyrheliométerrel. Az 1980-ban mért sugárzásértékek az 1978-ban mért értékekhez hasonlóan magasnak mutatkoztak, azonban feltehető, hogy a műszerek számára ideális környezeti feltételek nem voltak biztosítva a mérések során, s ez vezethetett a napállandó látszólagos növekedéséhez.

1976-ban kezdte meg a NASA a „Solar Constant” mérési programot, amely a napállandó hasonló nagyságrendű növekedését mutatja: 1976 és 1978 között 0,51 %-os, 1978 és 1980 között kisebb (0,16 %-os), a teljes mérési perióduson belül pedig 0,62 %-os növekedés ment végbe. A mérésekhez PACRAD-típusú abszolút pyrheliométert használtak, s minden lehetséges műszereffektus figyelembevételével igen stabil műszerkalibrációt értek el. A mérési pontosság mindvégig $\pm 0,1$ %-on belül maradt.

A különböző módszerekkel meghatározott napállandó-értékek felsorolása

Szerző	Értékelési módszer	Időpont	eredeti érték [W/m ²]	WRB [W/m ²]	eredeti skála
Kondratyev	ballon	1962—67	1356	1376 ± 18	IPS 56
Murcay	ballon	1967—68	1339		IPS 56
Willson	ballon	1969	1366	1369 ± 11	IPS 56
Brusa, Fröhlich	ballon	VI. 14.		1366 ± 4,8	
Brusa, Fröhlich	ballon	1979.		1366,8 ± 4,8	
		1980.			
Drummond	repülőgép	1966—67	1359	1387 ± 17	LGU
Drummond	repülőgép	1967—68	1359	1387 ± 19	LGU
Kruger	repülőgép	1967	1364	1372 ± 24	LGU
Duncan	repülőgép	1967	1349	1377 ± 40	LGU
McNutt	repülőgép	1967	1343	1375 ± 30	LGU
Kendall	repülőgép	1968	1370	1373 ± 14	LGU
Drummond	rakéta	1967	1361	1385 ± 14	IPS 56
Kendall	rakéta	1976.	1364,2		saját
Kendall	rakéta	1978.	1371,2		saját
Kendall	rakéta	1980.	1372,6		saját
Kendall	rakéta	V.	1367		saját
Willson	rakéta	VI. 29.	1368,1 ± 0,5		saját
Willson	rakéta	VI. 29.	1373,4 ± 0,5	1366,6	saját
		1976.			
		1978.			
		1980.			
		V. 22.	1367,1		
Planmendon	Mariner—6, 7	1969	1352	1362	saját
Hickey	Nimbus—6	1975	1370,1	1369	saját
Hickey	Nimbus—7	1978.			
		XI. 16—			
		V. 15.			
Hickey	Nimbus—7	1978.	1376 ± 0,73		saját
		XI.—			
		1980.			
		III.			
Hickey	Nimbus—7	1979.	1375,7		saját
		VIII. 4—			
		1980.			
		V. 6.			
Willson	SMM	1980.	1375,6		saját
			1368,3		saját
Smithsonian- átlagérték			1359,8		IPS 56
Fröhlich	összes adat átlagértéke			1370	

Ezek az adatok jól kapcsolódnak Willson rakétás értékeihez, azonban továbbra is kérdés maradt, hogy ez a növekedés valódi-e, s nem egy ismeretlen műszereffektustól ered-e. Közismert ugyanis, hogy a modern abszolút pyrhelionéterek igen érzékenyek a környezet hőmérsékletére, páratartalmára és a nyomásviszonyokra. Nyilvánvaló, *ha az egyes műszerek optimális környezeti feltételei nincsenek biztosítva, akkor a mért sugárzásértékek megbízhatósága csökken.* További problémát jelent a műszerek repülés előtti és utáni, földfelszínen történő hitelesítése is. A legújabb eredmények arra mutatnak, hogy *a sugárzásmérők teljesítménye némileg különböző a világűrben és a földfelszínen.* Erre a jelenségre még nincs elfogadható magyarázat, de a műszerek teljesítményének változását a földfelszínen történő hitelesítéseknel figyelembe kell venni.

A nagy magasságban végzett méréseknél a különböző műszereffektusok mellett további hibaforrást jelent, hogy bár a ballonok és a rakéták többnyire a földi légkör 99 %-a felett mozognak, a fennmaradó 1 % szűrő hatása még számottevő lehet! Ez részben a 0,3 μm alatti hullámhosszakon jelentős, s a kis arányban jelenlevő ózonnak tulajdonítható. (Az effektust főként a ballonok esetén kell figyelembe venni, mivel azok 30 km körüli magasságban, az ózonoszférában mozognak.) Némely esetben — főként vulkánkitörések és nukleáris robbantások után — az aeroszol hatásától sem tekinthetünk el. A repülőgépekről végzett mérések pedig csak annyiban előnyösebbek a földfelszíni méréseknél, hogy a vízpára 99,9 %-a felett repülnek, így ennek hatása elhanyagolható.

Figyelembe kell venni továbbá, hogy a műszerekre a sugárzás egy *vékony kvarc- vagy üveglapon* keresztül jut, amely 4,5 μm -nél élesen levágja a spektrumot; 4,3 μm -nél pedig a szén-monoxid még erősen abszorbeál. Emiatt a nagy magasságban végzett mérések is csak 0,3 és 4,0 μm között fogadhatók el biztosan; a spektrum többi részére itt is korrekciókat kell alkalmazni.

A légköri extinkcióra és a műszerek előtti ablakra vonatkozó korrekció minden kutatonál más és más, ez pedig arra mutat, hogy *az extrapolációs módszerek vagy a különféle korrekciók nem egyeznek a valóságos atmoszférikus viszonyokkal és a műszerek jellemzőivel.* Ezt jól illusztrálja, hogy például a ballonos mérések esetében a 30 km körüli magasságnál mért sugárzásértékek között csak 0,11 % az eltérés, az ezekből meghatározott napállandóértékek eltérése viszont már 1 % felett van! Mindezeket figyelembe véve, a napállandó pontos meghatározására az atmoszférikus effektusokat teljesen kiküszöbölő, légkörön túli mérések szükségesek.

Mesterséges holdakról végzett mérések

Az első, légkörön túli napállandómérést 1969-ben, a *Mariner*—6, —7 űrszondákról végezték. A *Mariner* szondák mérései szerint a napállandó változása a naptevékenységgel legfeljebb 0,03 %-os kapcsolatot mutat. Ezek a mérések azonban számos problémával rendelkeztek: a műszerek érzékenysége lassan, de folyamatosan változott a mérési periódus során, s az ennek kiküszöbölésére használt korrekció nem volt túl megbízható.

A napállandó folyamatos, mesterséges holdakról való méréseit 1975-ben kezdték meg a *Nimbus*—6, majd 1978-ban a *Nimbus*—7 fedélzetén. A *Nimbus*—6-on a napállandó, valamint a Nap spektrális energiaeloszlásának méréséhez ERB-típusú *többszatornás sugármérőt* használtak. Az első mérési sorozat elemzése arra mutatott, hogy a mért értékek 1,5 %-kal magasabbak voltak az előző mérések átlagánál. Az eltérés okát nem ismerjük pontosan, feltehetően a műszer földi kalibrációjánál használt referenciaforrás spektrális energiaeloszlása tért el a Napétól, s ez szisztematikus hibát okozott a mért értékekben. Ennek kiküszöbölésére a *Nimbus*—7 fedélzetén egy *automatikus, önkalibráló műszer*t helyeztek el, a *Nimbus*—6 értékeit pedig 1,5 %-kal csökkentették, s a műszerek hitelesítésére rakétás méréseket használtak. Az a tény, hogy nem ismerjük pontosan a Nap spektrális energiaeloszlását, megnehezíti a műszerek kalibrációját, s további problémát okoz, hogy nem tudjuk ellenőrizni, állandó marad-e a teljes mérési periódus során.

1980 februárjában bocsátották fel a *Solar Maximum Mission (SMM)* mesterséges holdat, amely más feladatai mellett napállandóméréseket is végez. Az SMM mérései egy olyan új program kezdetét jelentik, amely a napállandó $\pm 0,1$ %-os pontosságú, légkörön kívüli méréseit egy teljes 22 éves mágneses naptevékenységi cikluson keresztül kívánja folytatni. Az ACRIM elnevezésű műszer három, legújabb típusú ACR-érzékelőt tartalmaz, amelyek mindegyike egy független, elektromos önkalibráló üreges pyrliométer, közel azonos érzékenységgel a távoli ultraibolya és a távoli infravörös hullámhossztartományok között. A kalibrációt 1980 májusában rakétás mérésekkel ellenőrizték. A programban további rakétás és az űrrepülőgép fedélzetéről végzett méréseket terveznek a 0,1 % pontosság hosszú távú biztosítására az SMM mérései után is.

Pyrheliometrikus skálák

Mivel az összes napállandó-meghatározás pontosságát (beleértve a direkt, légkörön túli méréseket is) végső soron az *egységes, nemzetközi összehasonlítható rendszer* pontossága dönti el, röviden áttekinjük a pyrliometrikus skálákat.

A napállandó meghatározására irányuló sugárzásméréseket minden obszervatórium a számára legalkalmasabb műszerekkel végzi. Ahhoz, hogy a mérési adatokat közvetlenül össze tudjuk hasonlítani, a mért értékeket *nemzetközi skálába* kell átszámítani. A század elejétől különböző nemzetközi skálákat dolgoztak ki, amelyeket a standard műszerek alapján definiáltak. Az első, az *Ångström-skála* 1905-ben került bevezetésre, alapműszere az *Ångström-féle elektromos kompenzációs pyrhelio-méter* volt. 1913-ban vezették be a *Smithsonian-skálát*, amelyet Abbot „*vízáram*”-pyrhelio-métere definiált. A két skálában megadott napállandó-értékek azonban szisztematikusan, kb. 5 %-kal eltértek egymástól a műszerek közötti méret-, nyílás- és formakülönbségek miatt!

Ennek kiküszöbölésére vezették be 1956-ban a *Nemzetközi Pyrhelio-metrikus Skálát (IPS 1956)*, mégpedig úgy, hogy az *Ångström-skála* értékeit 1,5 %-kal növelték, a *Smithsonian-skála* értékeit pedig 2 %-kal csökkentették. Mivel a *Smithsonian-* és az *Ångström-féle* etalonok akkor már nem léteztek, az IPS 1956 beállítását *három Ångström-féle relatív műszerrel* valósították meg: a Svéd Hidrometeorológiai Intézetben található A—158 jelű és a Davosban található A—210 és A—525 jelű műszerekkel. Az IPS 1956 pontosságát 1 %-ra becsülték.

A műszer-összehasonlítások tökéletlensége és az egységes etalon hiánya miatt azonban hamarosan eltérések mutatkoztak az A—158 és a másik két pyrhelio-méter között. Ennek következtében az 1960-as évek végére a skála pontossága már 1 %-nál rosszabb volt. Emiatt — C. Fröhlich úttörő munkássága eredményeként — 1970-ben az IPS szintjét hét olyan pyrhelio-méter átlagával definiálták, amelyek a nemzetközi összehasonlításban a legstabilabbnak mutatkoztak, és nemzeti etalonok voltak.

1969-től főként az űrkutatási igényeket kielégítő újabb típusú standard pyrhelio-métereket hoztak forgalomba, amelyekben *üreg alakú érzékelőt* helyeztek el, s a sugárzási energiát *elektromos energiával* hasonlítják össze. Ezen új típusú pyrhelio-méterek kialakítására részben a mérések pontosítása miatt volt szükség, másrészt azért, mert az űreszközökön elhelyezett műszereket nem hozhatjuk le állandóan a Földre, hitelesítés céljából. Ma ezeket az új típusú műszereket nevezzük *abszolút standard pyrhelio-métereknek*. Az általuk mért sugárzási értékek átlaga azonban 1,8—2,2 %-kal magasabb az IPS-t definiáló műszerek átlagánál. Ezért 1980. július 1-én egy új skálát: a *World Radiation Reference-t (WRR)* vezettek be. E skála megvalósítására négy különböző konstrukciójú abszolút pyrhelio-métert használnak, s azokat évenként legalább egyszer összehasonlítják. Az IPS-ből a WRR-be való átszámításkor az IPS 1956-ban kifejezett értékeket 1,022-vel megszorozzuk. A WRR pontossága az SI-mértékrendszerben $\pm 0,3$ %, ennek megfelelően ma a különböző módszerekkel meghatározott napállandó-értékeket is legfeljebb ilyen pontossággal tudjuk összehasonlítani.

A napállandó változása

A napállandó változásának kimutatása napjaink egyik igen fontos feladatává vált, mivel a legújabb klímamodellek szerint a napállandó kicsi, de ismétlődő változásai befolyásolhatják a földi légkör globális hőháztartását és klímamódosító hatásokat válthatnak ki.

A napállandó változásának elméleti háttere

Mai ismereteink alapján a napállandó lehetséges változásait a Nap különböző tartományaiban lejátszódó folyamatok okozhatják, amelyek különböző idők alatt mehetnek végbe.

A napállandó évmilliárdos nagyságrendű változása a Nap fejlődésével kapcsolható össze. A csillagfejlődési elméletek szerint a Nap az utóbbi 4–4,5 milliárd év alatt mintegy 25 %-kal növelte a fényességét. Ezt a Nap belsejében lejátszódó fúziós folyamatok következtében beálló kémiai összetételváltozásra lehet visszavezetni. A régmúltban azonban (az említett alacsonyabb napluminozitás esetén) a Föld felszínén a víz nem lehetett volna folyékony állapotban. A paleoklimatológiai adatok viszont ennek az ellenkezőjét jelzik! Feltételezhető, hogy az őslégkör jelenlegitől eltérő szerkezete, kémiai összetétele miatt — pl. az üvegházhatás révén — a Föld átlagos hőmérséklete magasabb volt, mint amit az akkori napállandó a maihoz hasonló légkör mellett lehetővé tett volna.

A konvektív zónában néhány naptól ezer évig terjedő nagyságrendű időskálán játszódnak le azok a folyamatok, amelyek szintén módosíthatják a napállandó értékét. Mivel a konvektív zóna nem figyelhető meg közvetlenül, szerkezetét csak elméleti modellszámításokkal tudjuk vizsgálni. Ezek alapján a konvektív zónát három tartományra bontjuk. A legmélyebb és egyben legnagyobb kiterjedésű része *adiabatikus*, itt a centrumban termelt energia továbbítását a konvektív cellák turbulens áramlása biztosítja. A sűrűség csökkenésével, a külső, kb. 3000 km vastag ún. *átmeneti tartományban* a konvekció kevésbé hatékonyra válik, az energia továbbításában már szerepet kap a sugárzás is. Közvetlenül a fotoszféra alatti ún. *szuperadiabatikus tartományban* már a sugárzás az energiatranszport domináns formája. A konvektív zóna leírására használt „*keveredési úthossz*” elmélet alapján a fotoszférához közel, az átmeneti és a szuperadiabatikus tartományban a *keveredési úthossz* (vagy ami ezzel egyenértékű: a *konvekció hatékonyságának*) változása módosíthatja a sugárzás által szállított napfluxust és az érintett tartományok fizikai struktúráját. A keveredési úthossz változását okozhatja a szupergranulák számának változása, valamint a Nap mágneses terének hatása. D. Dearborn és H. Newmann (1978) számításai szerint a keveredési úthossz értékében fellépő 0,02-nyi változás a napállandó

néhány tized százalékos változását okozhatja! A különböző fizikai paraméterekkel számított modellek mindegyike azt mutatja, hogy a keveredési úthossz oszcillációja általános jelenség, így ez az eredmény megerősíti a napállandó értékében jelzett, kis amplitúdójú változások lehetőségét.

A Nap légkörében megfigyelhető napaktivitási jelenségek: a *foltok*, *fáklyák* és *flerek* nem valószínű, hogy a jelenlegi mérési hibahatáron túl érdemben megváltoztathatják a napállandó értékét. Az viszont tény, hogy a *naptevékenység* és a *Nap röntgen-, extrém ultrabolya és rádióirtományokban mért sugárzási fluxusa között igen szembetűnő kapcsolatot mutatható ki*. Elképzelhető, hogy ezek a jelenségek olyan, a Nap mélyebb rétegeiben lejátszódó folyamatok kísérő tünetei, amelyek már megváltoztathatják a luminozitást.

Mérési eredmények

Mivel a Nap belsejében uralkodó fizikai viszonyokat nem tudjuk közvetlenül vizsgálni, az elméleti modellszámítások által jelzett változásokat csak akkor tekinthetjük valóságosnak, ha azokat a különböző mérési módszerekkel meghatározott napállandó-értékekben ki is tudjuk mutatni. A napállandó folyamatos, mesterséges holdakról végzett mérései csak 1975-től állnak rendelkezésünkre, ezért a napállandó hosszú távú változásának vizsgálatánál jelenleg is a Smithsonian-adatokra vagyunk utalva.

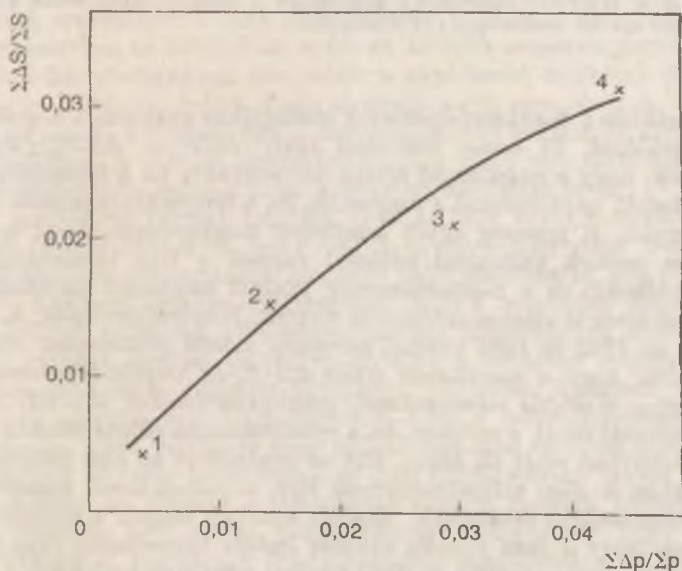
A Smithsonian Intézetben 1905 és 1917 között, az első mérési sorozatok alapján meghatározott napállandó-értékek erős változásokat mutattak. A napállandó rövid és hosszú periódusú változásait különböztették meg. A mérési és redukciós technika fejlődése után maga Abbot bizonyította be, hogy a *korai napállandó-értékeket erősen meghamisították az atmoszférikus áteresztőképesség meghatározásából származó hibák*. A „rövid” módszer kidolgozása többek között azt a célt szolgálta, hogy minél több *független* mérést végezzenek az esetleges változások kimutatására.

A légköri extinkció, illetve annak változásából származó hibák kiszűrésére több, egymástól néhány ezer km távolságra levő állomáson végeztek megfigyeléseket. A különböző állomásokon *egyidejűleg* kimutatott ingadozásokat a Smithsonian Intézet kutatói a teljes napfluxus ingadozásának tulajdonították, s kapcsolatba hozták a Wolf-féle napfolt-relatív számmal: *a napállandó közel 2 %-os növekedést mutatott, miközben a relatív szám 0-ról 150-re emelkedett*.

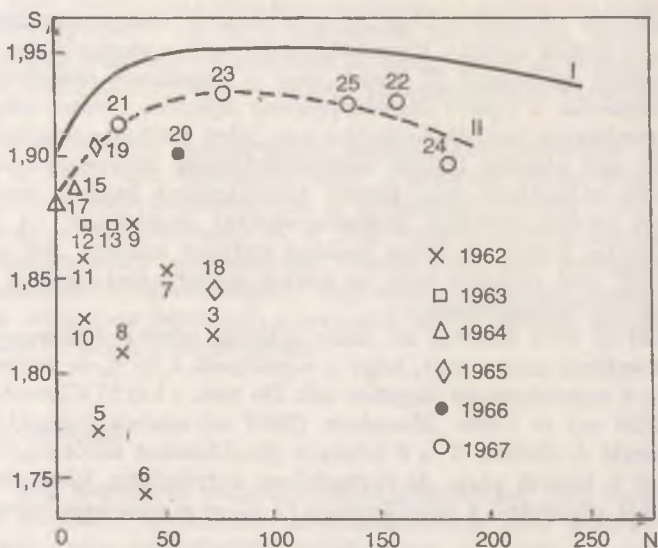
A. Ångström 1969-ben újból feldolgozta a Smithsonian Intézet észlelési anyagát, s e vizsgálat során összehasonlította a légköri átlátszóság

ingadozásának mértékét ($\Sigma \Delta p / \Sigma p$) a napállandó átlagos ingadozásával ($\Sigma \Delta S / \Sigma S$). Ennek alapján kimutatta, hogy ezek a mennyiségek erősen összefüggenek egymással (2. ábra), azaz a napállandó értékében megfigyelt változásokat a légköri áteresztőképesség változása okozza, amelyet a mai atmoszférikus modellek alapján nem lehet pontosan szániba venni. Ångström egy állandó légköri áteresztőképesség feltevésével a korai napállandó-értékekben csak kisebb fluktuációkat kapott, amelyeket a korábbi pyrliométerek pontatlanságával azonosított. (A Smithsonian Intézet kutatói a teljes észlelési anyagot mintegy 200 cikkben publikálták, ami lehetővé tette az adatok modern matematikai eszközökkel történő feldolgozását.)

Az 1923 és 1954 közötti, az összes állomás adatait felhasználó statisztikus analízis arra mutat, hogy a napállandó 0,35 %-os pontossággal állandó és a napaktivitástól független volt. Ha csak a két fő állomás: Montezua (2710 m) és Table Mountain (2280 m) adatait használják fel, a napállandó értékében 3 és 6 hónapos periódusokat különíthetünk el, amelyeket a légköri pára- és portartalom korrekcióira lehet visszavezetni. Ettől eltekintve a napállandó 0,17 %-os pontossággal állandónak adódik.



2. ábra. A napállandó és a légköri áteresztőképesség kapcsolata



3. ábra. Az 1962 és 1967 közötti ballonos mérési eredmények, valamint a napállandó és a Wolf-féle relatívszám kapcsolata a Smithsonian-adatok (I.) és Kondratyev mérési eredményei (II.) alapján

Ugyanakkor a Smithsonian-adatok statisztikus analízise a napállandó rövid periódusú, 28 napos változását jelzi: $\Delta S/S \cong 0,07\% \pm 0,03\%$. Úgy tűnik, hogy a napállandó értéke alacsonyabb, ha a fotoszféra erősebben fedett napfoltokkal, s magasabb, ha a fényes fáklyamezők területei nagyok. E jelenség egyik lehetséges magyarázata, hogy a Nap mágneses terének változásai hatással vannak a Nap luminozitására.

A napállandó és a naptevékenység közötti kapcsolat kimutatására a későbbiekben is számos erőfeszítés történt. Kondratyev és G. A. Nyikolszkij az 1962 és 1968 közötti homogén mérési adatsorozat alapján azt találta, hogy a napállandó értéke 2,5 %-os amplitúdótartományon belül függ a Wolf-féle relatívszámtól, maximális értékét 80–100 körüli relatívszámnál éri el, s csökken, ha a relatívszám az előbbi értéktől bármilyen irányban eltér (3. ábra). Ezt az eredményt az első feldolgozási periódusban a Nap teljessítményének egy, a napciklussal kapcsolatos nagy változásaként értékelték. Később azonban maguk a szerzők mutattak rá, hogy a fenti jelentős változás légköri jelenségekkel függ össze! Kimutatták, hogy az 1958 és 1962 közötti nukleáris kísérletek következtében a középső és felső sztratoszférában NO_2 -többség keletkezett,

amely anomális napsugárzáselnyelést okozott, s gyengítette a sugárzást a troposzférában is.

Az NO_2 -többletet azonban nemcsak emberi hatások okozhatják, hanem létrejöhet az erős naptevékenység eredményeként is! Kondratyev és munkatársai rámutattak, hogy a napállandó és a naptevékenység közötti, régebben észrevett kapcsolat könnyen értelmezhető egy új fogalom bevezetésével. Definiálták az ún. „meteorológiai napállandót” (*SOM*), amely arra a korrekcióra jellemző, amelyet valamilyen kis sztratoszférakomponens okoz. (Az adott esetben a *SOM* a sztratoszférabeli NO_2 -többlet által a napállandóra kifejtett hatást jellemzi). Így a naptevékenységnek a meteorológiai napállandóval van kapcsolata, amely utóbbi mennyiség — Kondratyev és munkatársainak feltételezése szerint — 1,2 %-kal változhat a 11 éves ciklus során.

Mindezek alapján elképzelhető, hogy bármely anomális mennyiségű, optikailag aktív anyag, mely megváltoztatja a csillagászati napállandó értékét, jelentős hatást gyakorolhat a földi légkör hőháztartására abban a rétegben, ahol elhelyezkedik (vagy az alatta levőben is), ha a naptevékenység hatására az adott komponens koncentrációja megváltozik. Ennek az elképzelésnek további bizonyítékokkal való alátámasztása jelentős továbblépés lenne a naptevékenység és a klíma kapcsolatának vizsgálatában.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a szovjet és az amerikai ballonos mérések eredményei között ellentmondás van! A szovjet eredményekkel ellentétben az 1967/68-as, majd az 1979/80-as mérési periódus során az amerikai eredmények nem jelzik a napállandó értékének változását a mérési hibahatár felett. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy számottevő lokális különbség van a ballonok lebegési magassága feletti légköri viszonyokban. A változó légköri feltételeket pedig nem lehet mindig pontos korrekciókba venni a napállandó meghatározása során.

A rakétákról végzett mérések 1976 és 1978 között a napállandó 0,4 %-os, 1976 és 1980 között pedig 0,62 %-os növekedését jelzik. E növekedés valódiságának elfogadásánál azonban több szempontot kell figyelembe venni. Egyrészt nehezen ellenőrizhető, hogy a különböző időpontokban felbocsátott műszerek hitelesítését azonos körülmények között végezték-e, minden esetben biztosítva voltak-e a műszerek megbízható méréséhez szükséges optimális környezeti feltételek. Másrészt a rakétás mérések alapján nem lehet eldönteni, hogy a jelzett változások véletlen ingadozást, rövid periódusú vagy pedig hosszú távú változást képviselnek-e. A mérések ugyanis időszakosak, és igen rövid, néhány perces időtartamot fednek le. Emiatt a rakétákról végzett mérések kiértékelésénél igen óvatosan kell eljárni, mivel könnyen előfordulhat, hogy a napállandó valóban mutat egy kis amplitúdójú ingadozást, s ha éppen azonos fázisban végezzük a méréseket, könnyen egy adott irányú válto-

zásra következtethetünk. Így, a rakétás mérések alapján jelzett változások trendjéről semmit sem lehet mondani, a változás jellegének eldöntéséhez mesterséges holdakról, hosszú időn keresztül végzett mérési sorozatok szükségesek.

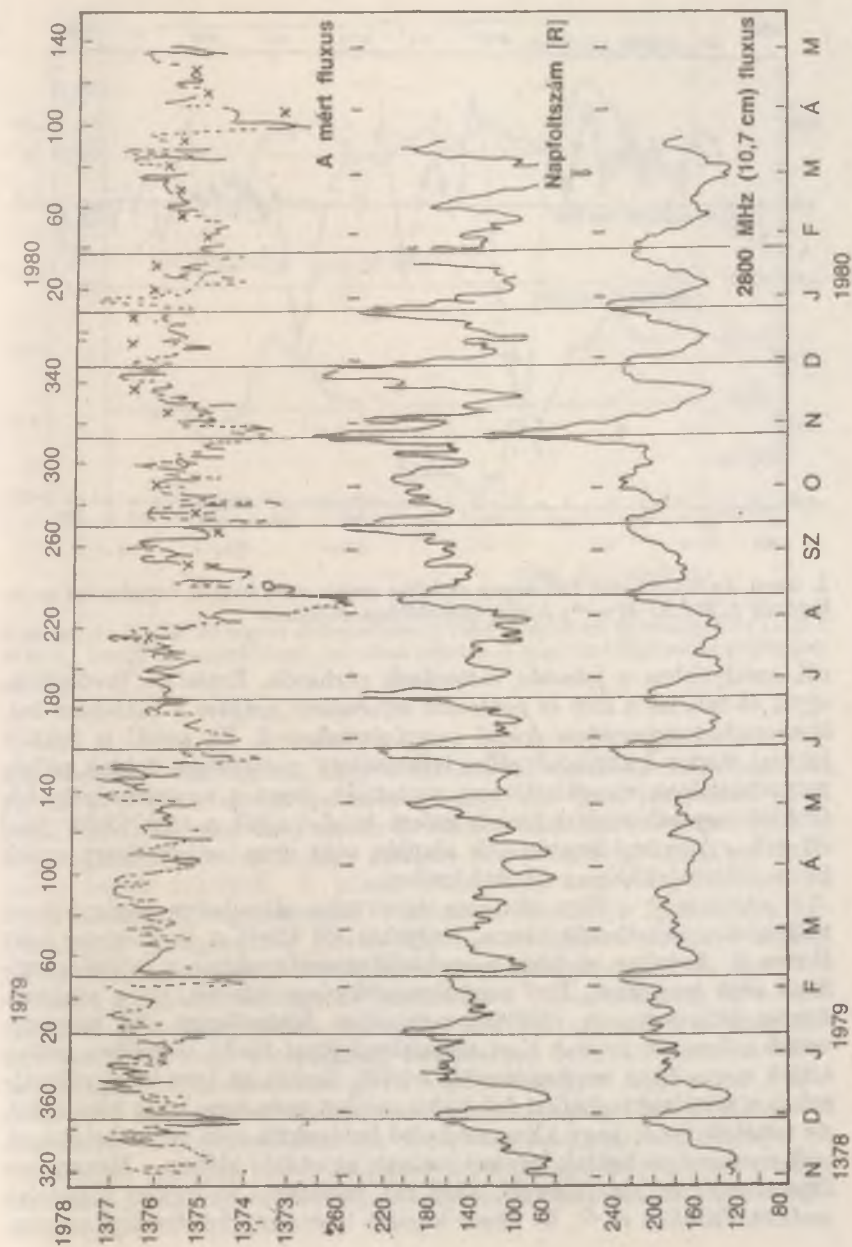
A Nimbus—6 mesterséges hold mérései szerint az első másfél éves periódusban (1975/76) a napállandó változása nem haladta meg a 0,2 %-ot, 1976 és 1978 között pedig +0,4 %-on belül volt, s a naptevékenység erősödésével állt kapcsolatban. Míg a Nimbus—6 az alacsonyabb napaktivitási periódusban végzett méréseket 1975 júliusa és 1978 novembere között, addig a Nimbus—7 mérései a napaktivitás növekedésével, 1978 novemberében kezdődtek. Az első mérési eredmények analízise a napállandó lassú változását mutatja 1978 novembere és 1980 májusa között (4. ábra).

Érdekes kapcsolat mutatható ki a Nap sugárzási fluxusa és a naptevékenységet jellemző paraméterek között: erős aktivitás során (amikor magasabb a relatívszám és hirtelen megnövekszik a 10,7 cm-en mért napfluxus), a napállandó kis mértékű csökkenése figyelhető meg. A sugárzási fluxus csökkenése mindig szorosabb kapcsolatot mutat a 10,7 cm-es fluxussal, mint a napfolt-relatív számmal. A napállandó értéke 1979 augusztusában mutatkozott a legalacsonyabbnak, amikor igen erős volt a napaktivitás. Erre a jelenségre még nincs elfogadható magyarázat, egyes feltételezések szerint az említett csökkenés egy koronalyuk megjelenésével, illetve a napkorongon való áthaladásával volt kapcsolatban (J. R. Hickey, 1981).

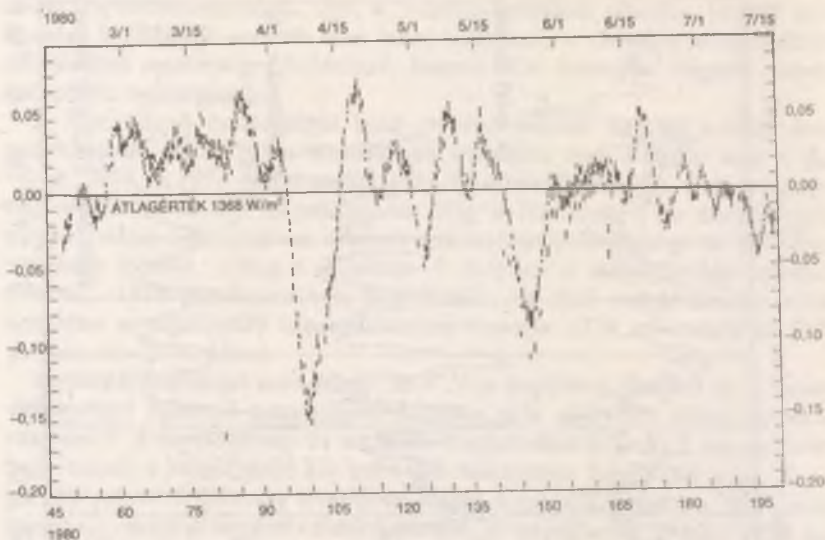
Az SMM első 153 napos észlelése az 5. ábrán látható. A 153 nap alatt mért átlagos napállandóérték $1368,31 \text{ Wm}^{-2}$, $\pm 0,5$ %-nál kisebb hibával. Ez az átlagérték minden változási effektust magában foglal, a kísérlet 99. és 146. napjánál bekövetkezett nagy sugárzáscsökkenéseket is. Ezeknek az okát még nem ismerjük, de úgy tűnik, mintha a napfoltok speciális csoportjaival lennének kapcsolatban — ugyanis mindkét esetben a napfoltcsoportok igen gyors növekedési fázisa volt megfigyelhető. E két nagy csökkenéstől eltekintve az SMM mérései szerint a Nap sugárzásában csak $\pm 0,1$ %-nál kisebb ingadozások figyelhetők meg, amelyeket nem lehet jól elkülöníteni a műszer zajspektrumától.

Továbbá: az SMM adatai nem mutatnak kapcsolatot sem a relatív számmal, sem a 10,7 cm-en mért napfluxussal, amelyek görbéin jól ki lehet venni a 27 napos naprotációs periódust (6. ábra). Úgy tűnik, hogy a mért sugárzási ingadozásokban egy rövidebb időskálájú periódus különíthető el, a naptevékenységgel való kapcsolat lehetőségét azonban a jelenlegi adatsorozat alapján nem lehet elutasítani.

Meg kell említeni, hogy az SMM műszere integrális méréseket végez, így nem ad közvetlen információt azokról a hullámhossztartományok-



4. ábra. A Nimbus-7 mesterséges hold mérési eredményeinek összehasonlítása a Wolf-jéle napfolt-relatíveszámmal és a 10,7 cm-en mért fluxussal

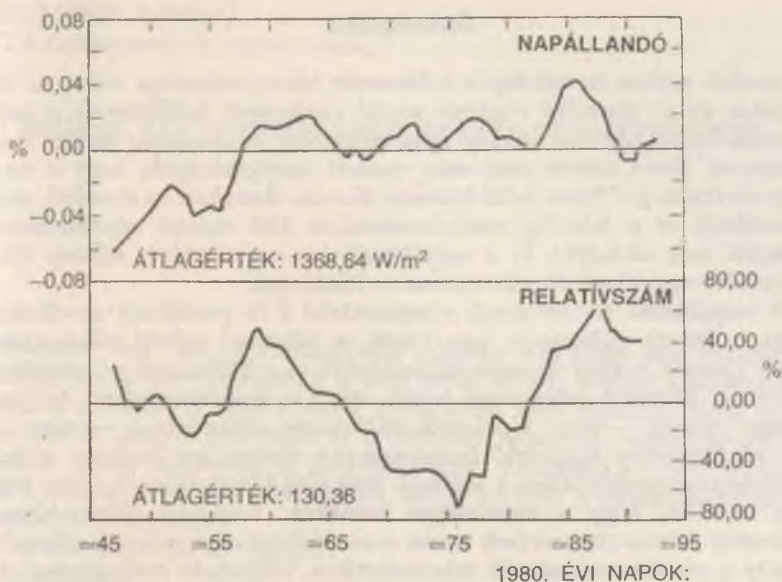


5. ábra. Az SMM első 153 napos észlelése során mért értékek ingadozása az átlagérték ($1368,31 \text{ W m}^{-2}$) körül, százalékban kifejezve

ról, amelyekben a jelentős változások várhatók. Emiatt a jövőben az egyik fő feladat a több és pontosabb információ gyűjtése a különböző hullámhossztartományokban érkező energiatartalomról. Ez annál is inkább fontos, mert a különböző céllal felbocsátott mesterséges holdak pályaperturbációinak vizsgálatai arra mutatnak, hogy a naptevékenység különböző megnyilvánulási formái erősen befolyásolják a földi légkör felső rétegeit, s jelenlegi ismereteink alapján még nem tudjuk, hogy ennek lehet-e áttételes klímamódosító hatása.

E változások a Nap röntgen- és extrém ultraibolya sugárzásának változására vezethetők vissza, melyeket jól követ a $10,7 \text{ cm}$ -en mért fluxus is. Azonban ezekben a spektráltartományokban a teljes energiának csak igen kicsi, 10^{-7} nagyságrendű része érkezik, így a röntgen-, extrém ultraibolya és rádiótartományokban bekövetkezett több nagyságrendű változások is csak tized százaléknál jóval kisebb mértékben változtatják meg a teljes napluminozitás értékét. Ezeket az igen kicsi változásokat a jelenlegi technikai feltételek mellett még nem lehet kimutatni, de feltételezhető, hogy klímamódosító hatásuktól nem tekinthetünk el.

A mesterséges holdak mérései mellett, az utóbbi időben a Mauna Loa Obszervatóriumban (Hawaii, 3380 m), rendkívül jó légköri feltételek mellett Fröhlich és G. E. Shaw végzett igen nagy pontosságú mérése-



6. ábra. Az SMM 45 napos észlelése során mért értékeknek az átlagérték ($1368,4 \text{ Wm}^{-2}$) körüli ingadozásának összehasonlítása a napfolt-relatívszám ingadozásával

ket, melyek arra utalnak, hogy a $0,4 \mu\text{m}$ -nél rövidebb hullámhosszakon (a kék és a közeli ultraibolya tartományban) $0,3 \%$ nagyságrendű változások figyelhetők meg. Feltehetően az SMM műszerével mért, közel $0,1 \%$ nagyságrendű változások nagy részéért is a láthatóhoz közeli spektráltartományok felelősek. A közeli ultraibolya tartományban kapott, tized százalékos nagyságrendű változások lehetősége igen fontos klimatológiai szempontból, mivel ebben a színtéartományban érkezik az az energia, amelyet a sztratoszféra ózontartalma abszorbeál. Így ez a változás közvetlen kapcsolatot teremthet a naptevékenység és a földi időjárási jelenségek között. Az eddigi mérések ugyanis arra engednek következtetni, hogy a napállandó változásában az ultraibolya tartományban fellépő ingadozásnak van egy, a naptevékenységtől függő része. A rendelkezésre álló mérési adatok azonban nem kielégítőek e változások számszerű meghatározására. Az űrrepülőgép-programban szerepel az ultraibolya sugárzás mérése, s reméljük, hogy ezáltal pontosan meghatározható lesz e sugárzás szerepe a napállandó változásában és esetleges klímamódosító hatásában.

Összefoglalás

A kezdeti mérési és redukciós módszerek bizonytalansága után, az űrkutatás és az abszolút sugárzásmérési módszerek fejlődésével a *napállandó értékét ma már néhány tized százalékos pontossággal tudjuk meghatározni*. Ilyen mérési pontosság mellett leszögezhetjük, hogy a *napállandó értéke ± 1 %-on belül biztosan állandó*. Azonban az elméleti megfontolások és a jelenleg rendelkezésünkre álló mérési adatsorozatok alapján *nem zárhatjuk ki a napállandó kis amplitúdójú, néhány tized százalékos nagyságrendű változásának a lehetőségét*.

A napállandó változásának vizsgálatánál a fő problémát az okozza, hogy a jelzett változások igen kicsik, a jelenlegi mérési hibahatáron belül vannak, emiatt nehezen különíthetők el a különböző műszereffektusoktól. További nehézséget jelent, hogy a spektrum rövid hullámhosszú részein — ahol a jelentős változások előfordulnak — nem áll rendelkezésünkre megfelelő összehasonlító etalon, így ezekben a hullámhossztartományokban a mérések még elég bizonytalanok. Nem tudjuk továbbá, hogy a mesterséges holdakon, hosszabb időperióduson keresztül folytatott mérések során nem változik-e a műszerkalibráció, amely a mérési eredmények szisztematikus változását eredményezheti. Az említett nehézségek kiküszöböléséhez növelni kell a mérési pontosságot, s gondoskodni kell a műszerkalibráció folyamatos ellenőrzéséről. E téren sokat várunk az űrrepülőgép- és a Spacelab-programtól. A napállandó változásáról, annak periódusáról csak akkor tudunk végső következtetéseket levonni, ha majd rendelkezésünkre áll egy teljes, 22 éves napcikluson keresztüli közvetlen és homogén mérési sorozat, amelynek pontossága legalább egy nagyságrenddel jobb lesz a mainál.

FIZIKAI VÁLTOZÓCSILLAGOK KETTŐS RENDSZEREKBE

Közismert tény, hogy a csillagoknak mintegy fele *kettős vagy többszörös rendszer* tagja. Ez önmagában is elég indok ahhoz, hogy a kettőscsillagokat a csillagászat legfontosabb objektumai közé soroljuk. Elég csak arra utalni, hogy hosszú időn át a csillagok tömegére vonatkozó információk szinte kizárólag a kettőscsillagok vizsgálatából származtak. Ha a megfigyelési technika szerint csoportosítjuk a kettőscsillagokat, megkülönböztethetjük

— az asztrometriai és vizuális;

— a színképi;

— a fotometriai, vagyis fedési és ellipszoidális kettősöket [1]*.

A fedési kettősök fényváltozása *geometriai* eredetű: a megfigyelő a kettőscsillag pályasíkjában vagy ahhoz közel helyezkedik el, s az egyik komponensnek a másik általi fedése idézi elő az összfényesség periodikus csökkenését.

A geometriai változócsillagok mellett a *fizikai változócsillagok* alkotják a változó fényű csillagok másik fő csoportját. Ez utóbbiaknál a fényváltozás oka fizikai eredetű, például a csillag pulzációja, kitörése, egyenetlen felületi fényessége stb.

Hosszú időn keresztül igen kategorikusan történt a geometriai és a fizikai változócsillagok szétválasztása. A Változócsillagok Általános Katalógusában (GCVS) ugyanis az egyes változócsillagokat valamely *fényváltozási típusba* kellett besorolni. A katalógus legutóbbi (1969—1970-es) kiadása csupán 11 olyan objektumot tartalmaz (a több mint húszezer változócsillag között), amely *egyidejűleg* fizikai és fedési változó. Bár a fedési változók a kettőscsillagoknak csak egy kis részét képezik, ez a szám rendkívül csekély — különösen, ha meggondoljuk, hogy a fizikai változók „közönséges” csillagok, melyek éppen egy, az

* A Csillagászati Évkönyv korábbi köteteiben több cikk is található, mely az egyes változócsillag-típusokkal, illetve a kettőscsillagokkal foglalkozik. Az egyes típusok részletes ismertetése helyett itt csak ezekre a cikkekre utalunk, melyek felsorolása a cikk végén található.

instabilitást eredményező fejlődési fázisban tartózkodnak. Ezért a fizikai változók között a kettőscsillagoknak körülbelül ugyanolyan gyakoriaknak kellene lenniük, mint az állandó fényű csillagok között. E cikk az utóbbi évtized eredményei alapján azt kívánja bemutatni, hogy az egyes változócsillag-típusoknál milyen gyakoriak a kettőscsillagok.

A fizikai változócsillagok között előforduló kettőscsillagok vizsgálata azért fontos, mert a kísérő csillag módosíthatja az adott típusú fényváltozást, vagy végső soron változóvá tehet egy egyébként nem változó csillagot. Ez utóbbi történik például a nóváknál és a törpe nóváknál, ahol a kitörés oka éppen a csillag kettősségében rejlik.

Ahhoz, hogy az egyik komponens megfelelően nagy befolyást tudjon gyakorolni a kettőscsillag másik komponensére, a két csillagnak szoros rendszert kell alkotnia. Azok a kettőscsillagok tekinthetők szoros kettősnek, amelyekben legalább az egyik komponens kitölti fejlődése során valamikor a Roche-féle térfogatot [6]. A szoros kettős tehát kezdetben akár szétválasztott rendszer is lehet, mely az idők során félig érintkező vagy érintkező rendszerre alakul. A „szorosság” kritériuma nem adható meg általánosságban, kilométerekben: a kettőscsillagot alkotó égitestek tömegétől függő csillagfejlődés határozza meg, hogy a komponensek intenzív kölcsönhatásba kerülhetnek-e.

A Sirius és fehér törpe kísérője például szoros kettőst alkot — annak ellenére, hogy a rendszer keringési ideje közel ötven év. Ugyanakkor előfordulnak olyan, kis tömegű, fősorozati csillagokból álló kettősök, ahol a komponensek igen közel keringenek egymáshoz, de a kölcsönhatás szempontjából a rendszer mégis „tág” marad, mert a csillag átmérője nem nő meg a szükséges mértékben a fejlődés során.

Milyen fizikai változások jöhetnek létre a kettősség következtében, illetve hogyan módosíthatja a kísérő csillag a rendszerben található fizikai változócsillag megfigyelhető tulajdonságait? A kérdés megválaszolásához háromféle kölcsönhatást kell figyelembe venni:

- a kísérő csillag gravitációs hatását;
- a kísérő csillag sugárzási fluxusából eredő effektust;
- a komponensek közötti gázáramok és tömegcsere hatásait.

Ha a kettőscsillag két komponense viszonylag közel van egymáshoz,

a gravitációs hatás

révén kölcsönösen *deformálják egymást*. A komponensek a két csillag középpontját összekötő tengely mentén megnyúlnak, alakjuk első közelítésben ellipszoiddá válik. Mivel a megfigyelő a pályamenti keringés során különböző nagyságú felületeket lát, a rendszer összfényessége periodikusan változik.

Az ilyen, ún. *ellipszoidális változók* fényváltozási amplitúdója rendszerint nem haladja meg a 0,1 magnitúdót. Bár bizonyos szempontból ez az effektus is geometriainak tekinthető, a komponensek alakjának torzulása *fizikai* változást is előidéz. A csillag egy-egy felületegysége által kibocsátott sugárzási fluxus ugyanis az adott elemi felület effektív hőmérsékletétől (T_e) függ; ennek értékét viszont — ha a csillag sugárzási egyensúlyban van — az adott pontbeli g gravitációs gyorsulás is befolyásolja! A gravitációs gyorsulás értéke viszont a csillag deformációja miatt helyről helyre változik. Mivel $T_e \sim g^{0,25}$, a *gravitációs kifényesedésnek* nevezett effektus számottevő lehet. Megjegyzendő, hogy ha a csillag külső része sugárzási egyensúly helyett *konvektív* egyensúlyban van, a gravitációs kifényesedés kevésbé jelentős.

A kísérő csillag hatása miatti alakváltozás igen bonyolulttá válik, ha a keringés *nem körpályán* történik, valamint akkor is, ha a *komponensek tengelyforgása nem kötött*, nem a keringéssel szinkron módon történik*.

A kettős rendszerekben található fizikai változócsillagok közül első sorban a

pulzáló változócsillagok

esetében lehet jelentős a közeli kísérő gravitációs hatása. Ezen változócsillagok pulzációja ugyanis első sorban a *csillag légkörében* lezajló jelenség [7]. A közeli kísérő árapálykeltő ereje megváltoztatja a csillag külső rétegeinek fizikai viszonyait, a *pulzáció többé már nem gömbszimmetrikusan zajlik le, hanem jelentős nem-radiális effektusok is fellépnek*.

A nem-radiális rezgések kimutatására jó lehetőség a *többszörös perióditás* vizsgálata. Bár a különböző típusú pulzáló változócsillagok mindegyik fajtájánál ismeretesek olyan esetek, amikor az adott csillag egyidejűleg több periódussal változtatja fényességét és egyéb fizikai paramétereit, a *periódusok aránya* azonban egyértelműen eldönti, hogy az effektust a pulzáció nem-radiális volta okozza-e.

Már korábban említés történt a kötött tengelyforgásról, amikor is a komponensek forgási ideje megegyezik a közös tömegközéppont körüli keringési periódussal. A kötött forgás eléggé általános a szoros kettősöknél. A pulzáló változót tartalmazó kettősöknél az is megtörténhet, hogy a *pulzáció is a keringéssel szinkronizálva történik*, azaz a keringési

* Egy gyakorlati példa, mely (bár nem éppen a kettőscsillagokkal kapcsolatos) jól érzékelteti a helyzetet. A Hold kötött tengelyforgású: forgási ideje megegyezik a keringési idejével. A Föld forgása viszont jóval gyorsabb a Föld—Hold rendszer tömegközéppontja körüli keringési idejéhez képest, melynek eredménye a jól ismert *árapály-jelenség*, azaz a Föld alakjának periodikus deformációja.

periódus egész számú többszöröse a pulzációs periódusnak. A szinkronizált pulzációra való erős hajlam figyelhető meg például δ Scuti vagy β Cephei változócsillagot tartalmazó, rövid periódusú fedési vagy spektroszkópai kettősök esetében.

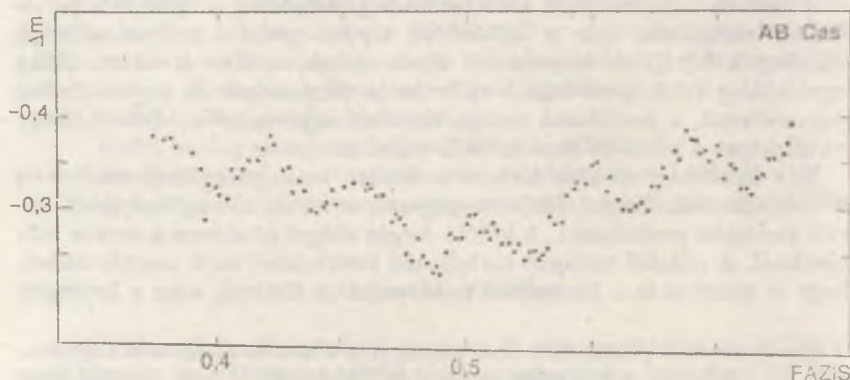
A megfigyelések szerint elsősorban

α δ Scuti és β Cephei típusú változócsillagoknál

gyakori a nem-radiális pulzáció; közülük sok csillag kettősségét más módszerekkel is kimutatták. Korábban úgy vélték, hogy a β Cephei csillagok mind kettősök, de ezt az újabb vizsgálatok megcáfolták! Tehát ezen csillagok fényváltozása nem lehet *csak* a kettősség következménye. A becslések szerint egyébként *mind* a δ Scuti, mind a β Cephei típusú csillagok között kb. 25 % a kettősök aránya. Az 1. ábrán például az AB Cassiopeiae fénygörbéjének egy részlete látható. E fedési kettős egyik tagja δ Scuti típusú változó. Az ábrán éppen egy mellékminimum látható, melyre rövid periódusú, pulzációs jellegű fényváltozás rakódik. Kettőscsillag továbbá az α Virginis (Spica) is, melynek egyik komponense kis amplitúdójú β Cephei típusú változócsillag.

A cefeidák

közül is körülbelül minden negyedik csillagnak van kísérője, de ezek többnyire nem szoros kettősök. A cefeidák kettősségét nem a radiális pulzációtól való eltérés mutatja, hanem más módszerek alapján törté-



1. ábra. Az AB Cassiopeiae fénygörbéjének részletén egyszerre látható a kis amplitúdójú pulzáció és a kettősségből eredő fedési fényváltozás mellékminimuma (P. Tempesti nyomán)

nik a kettősség megállapítása: e módszerek összefoglalása a cikk végén található.

A kettős cefeidák között említést érdemel a CE Cassiopeiae, melynek *mindkét komponense cefeida*. E kettős rendszer tanulmányozása azért fontos, mert komponensei egyidősek, s *fejlődési állapotuk csakis kissé különböző tömegük miatt tér el egymástól!* Így mód nyílik a cefeidák fejlődésére vonatkozó modellek ellenőrzésére. Azonkívül — mivel a CE Cas egy ismert távolságú nyílthalmaz tagja — e kettős cefeida a periódus—abszolút fényesség összefüggés kalibrációját is elősegíti.

Az RR Lyrae típusú változócsillagok

között egyelőre csupán egy csillagról állítható teljes bizonyossággal, hogy kettős: ez a V 80 jelű RR Lyrae az UMi törpegalaxisban. Néhány RR Lyrae változóról csak további megfigyelések alapján dönthető majd el, hogy kettős rendszerbe tartoznak-e. E változócsillag-típusnál a kettősök előfordulásának viszonylag kis gyakorisága valószínűleg kiválasztási effektus következménye. *A kettősség kimutatására szolgáló módszerek az RR Lyrae csillagoknál elég hatástalanok*, mivel e csillagok többnyire igen távoliak, s emiatt halványak. Mindenesetre a V 80 UMi esetében feltűnő, hogy a keringési periódus (2,07 nap) majdnem pontosan négyszerese a pulzációs periódusnak (0,499 nap).

A kísérő csillag sugárzási fluxusa

is kiválthat fizikai hatásokat a másik csillagon. Ez részben az ún. *reflexió effektus* létrejöttében nyilvánul meg, melynek során a komponensek egymás felé eső oldala — a másik komponens felől ráeső sugárzást visszaverve — megnövekedett intenzitást mutat. Ha a szoros kettős forró komponense megvilágítja és felmelegíti a hidegebbet, ez utóbbin egy „*forró folt*” alakul ki. A forró folt ionizációs és gerjesztési viszonyai eltérnek a hidegebbik csillag fotoszférájában egyébként érvényes állapottól, s ez színképi úton ki is mutatható. Ez a változás azonban nem befolyásolja lényegesen a fizikai változócsillagoknál tapasztalható jelenségeket.

Meghatározó jelentősége van viszont számos változócsillag-típusnál a kettős rendszer komponensei között fellépő

hatásának. Ez az effektus szoros kettősöknél lép fel akkor, ha legalább az egyik komponens kitölti a Roche-féle tartományt. A kölcsönhatás során létrejövő *csillagkörüli* („*cirkumsztelláris*”) *anyag* ideiglenesen vagy véglegesen elszakad az azt kibocsátó komponens gravitációs befolyásától.

A csillagkörüli anyag kimutatására számos módszer kínálkozik:

- *Emissziós sajátosságok a színekben*, melyek állandóan vagy csak bizonyos keringési fázisoknál lépnek fel.
- *Spektrofotometriával* vagy a radiális sebességgörbe alakváltozásának kimutatásával — mivel a görbe meghatározásához használt *színeképvonalak profilja megváltozik* a komponensek között és körül mozgó anyagfelhők hatására.
- A kettőscsillagokról érkező fény *valódi polarizációja* jön létre a rendszert körülvevő, korong vagy héj alakú felhőt alkotó szabad elektromonokon való szóródás hatására.
- Fedési változóknál *a fénygörbe alakja is megváltozhat* a csillagközi anyag változó fényáteresztése, opacitása miatt.
- *A keringési periódus megváltozása* szintén a fedési kettősöknél segíti elő a cirkumsztelláris anyag kimutatását (a periódus meghatározása ugyanis ezeknél a csillagoknál éri el a kívánt pontosságot).

A keringési periódus egyébként nő, ha a rendszer *izotróp* (iránytól független) módon veszít tömeget; *irányfüggő* tömegvesztés vagy a komponensek közötti *tömegcsere* akár növelheti, akár csökkentheti is a periódust. Az izotróp tömegvesztés különben kétféleképpen valósulhat meg: vagy olyan tág (hosszú periódusú) rendszerben, ahol a távoli kísérő jelenléte nem befolyásolja a minden irányban egyenletesen történő anyagkiáramlást, vagy pedig rendkívül nagy sebességű anyagkiáramlás esetén. (Ekkor a rendszer nem szükségszerűen tág.)

A kettős rendszerek változócsillagai

A Wolf-Rayet csillagok

esetében a tömegvesztés sebessége igen nagy: elérheti az 1000 km/s-os értéket, s a csillag évente mintegy egymilliomod naptömegnyi anyagot veszít [5]. Színeképük jellegzetes emissziós vonalakat és sávokat tartalmaz. *A Wolf-Rayet csillagok jelentős része (egyes becslések szerint az összes!) kettős rendszerben fordul elő.* Ennek némileg ellentmondani látszik, hogy számos planetáris köd központjában gerjesztő csillagként egy Wolf-Rayet csillag található, s a planetáris ködök centrális égitestjei

közül jelenlegi ismereteink szerint csak nagyon kevés bizonyult kettősnek.

Míg a Wolf-Rayet csillagoknál tapasztalható jelenségeknél a kettőség szerepe egyelőre nincs tisztázva,

a nóvák és törpe nóvák

közismert kitöréseiről biztosan állítható, hogy azok a csillag kettősségének következményei. *A nóvák és a törpe nóvák tehát csakis kettőscsillagokban jelentkeznek.* Bár a megfigyelések nem igazolták minden ilyen típusú csillag kettősségét, ez inkább csak a kettősség kimutatásának korlátaira utal. Mégsem zárják ki azonban a *magányos* nóvák létezését. Ez utóbbiak kitöréséhez a csillag körül található intersztelláris felhő biztosítaná a szükséges külső (korábban nem a csillaghoz tartozó) anyagot.

A nóvák és a törpe nóvák egyik komponense kis sugarú, feltehetően korai színképtípusú csillag, melyet *gázgyűrű vagy -korong* vesz körül. E forró korong miatt a benne található csillag tulajdonságai nem ismeretesek pontosan. A korong úgy jön létre, hogy a másik komponens (mely vörös törpe vagy a fősorozatról már elfejlődött nagyobb luminozitású csillag) a Roche-féle térfogat kitöltésekor a belső Lagrange-ponton át anyagot juttat társának.

Ahol ez az anyag a korongba hullik, ott igen jelentős energia szabadul fel — itt képződik a *forró folt*. A fedési változóként is megfigyelhető eruptív rendszereknél a főminimum a forró folt elfedésekor következik be [2], [6].

A gázkorong a középpontjában levő csillag körül kering. A korongban fellépő *belső súrlódás* miatt azonban a mozgási energia egy része hővé alakul, az így lefékeződő tömegelemek pedig előbb-utóbb a csillagba hullanak. Ezáltal egy *állandó, a főkomponens felé irányuló gázáram jön létre*. A korong anyagának utánpótlásáról a kísérő csillag gondoskodik. Ennek hiányában a korong anyaga körülbelül egy nap alatt a főcsillagba hullana.

A kitöréses változókat tehát nem lehet közönséges kettőscsillagként felfogni, a két csillagon kívül a *harmadik „komponens”* — a korong és a rajta elhelyezkedő forró folt — szerepe is rendkívül fontos.

A kitörések közvetlen okát ma még nem ismerjük pontosan. Az alapjaiban különböző két elgondolás közül az egyik szerint a főkomponens körül befogott, hidrogénben gazdag héj alján *termonukleáris reakció* jön létre. A másik hipotézis szerint *időnként „megszaladhat” a tömegbefogás* (akkréció) a forró foltnál, s ez idézi elő a kitörést. A helyes magyarázatnak mindenesetre számos megfigyelési tényt kell elméletileg értelmezhetővé tennie. Ezek közül a legfontosabbak: a kitörések mérete

és gyakorisága, valamint a kitörés során és utána lezajló színeképi változások. E spektrális sajátságok ismertetésére — hely hiányában — itt nem kerülhet sor.

A nóvák kitörése néhány nap alatt 10—11 magnitúdós kifényesedésben nyilvánul meg; a törpe nóvák kitörése során a fényességnövekedés 4—5 magnitúdós, s maga a kitörés 10—100 naponként ismétlődik. Logikailag e két fő csoport között helyezkednek el

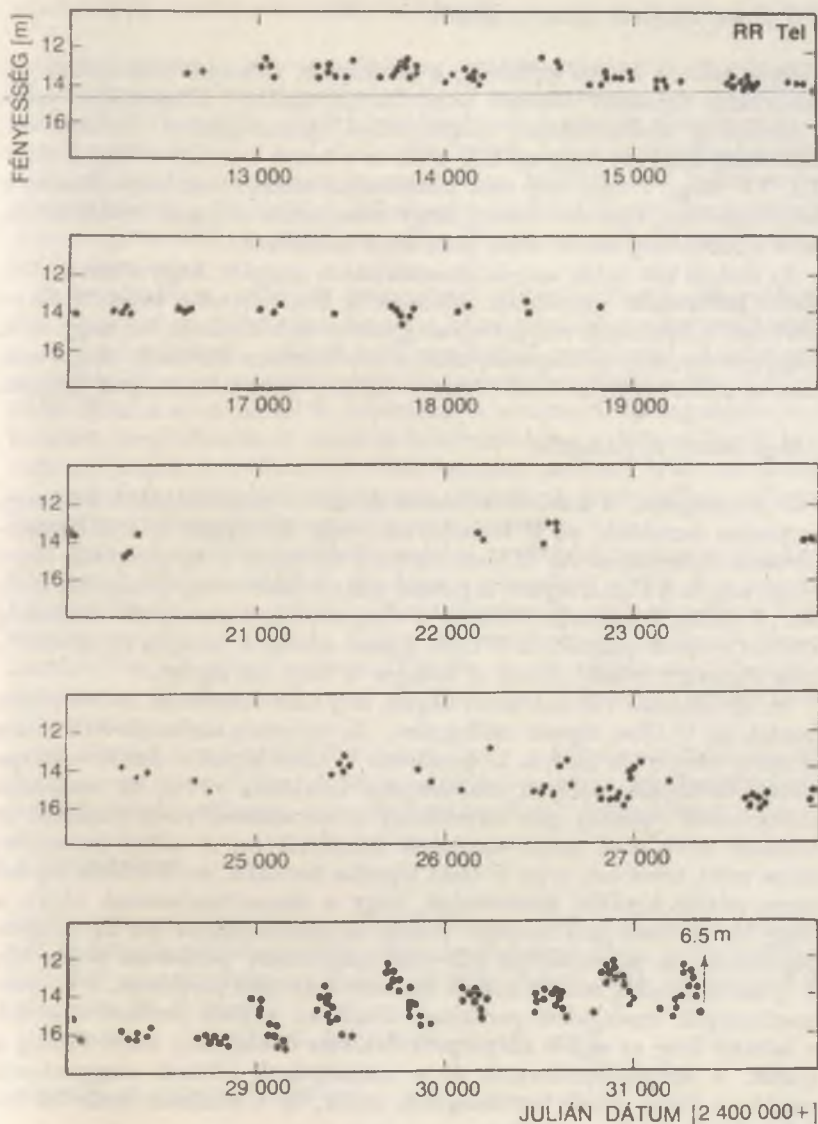
a visszatérő (rekurrens) nóvák,

melyek kitörésének amplitúdója 6—8 magnitúdó, s az ismétlődő kitörések közötti időköz néhány évtized. Van olyan elképzelés is, hogy *minden nóva kitörése megismétlődik*, csak az ismétlődési időköz túlságosan hosszú ahhoz, hogy ez igazolható legyen.

Az ismétlődő nóvák közül igen érdekes eredmény adódott a *T Coronae Borealisra*. E csillag két nagy kitörése 1866-ban és 1946-ban következett be. Újabban viszont két kisebb kitörés volt megfigyelhető (1963-ban, illetve 1975-ben). Spektroszkópiai adatok alapján a T CrB-t tartalmazó kettős rendszer keringési periódusa 227,6 napnak adódott, s az az érdekes, hogy *az eddig megfigyelt összes kitörés olyankor következett be, amikor a két csillag egymáshoz a legközelebb volt*. Ez összhangban van azzal, hogy a periasztron-átmenet közelében megnő a tömegátadás mértéke — tehát nem maga az eredmény a meglepő, hanem az, hogy végre sikerült ezen összefüggés *megfigyeléseken* alapuló kimutatása. A T CrB legközelebbi periasztron-átmenete 1982 áprilisában lesz. Lehet, hogy mire e sorok megjelennek, a nóva újabb kitörését is megfigyelhettük.

Arra is van példa, hogy a nóva közvetlenül a kitörést megelőzően rendellenesen viselkedett. Ez — sajnos — csak utólag derült ki az *RR Telescopii* nevű lassú nóváról rendelkezésre álló fotografikus észlelések átvizsgálása után. Említés történt már arról, hogy a kitörés szorosan kapcsolódik a forró folthoz, s ennek létén keresztül a vörös komponens által kibocsátott anyaghoz. Nos, az RR Tel szekunder komponense vörös óriáscsillag, mely a kitörést megelőző években kb. 380 napos ciklusú szemireguláris változóvá vált. Eközben *minden pulzációs ciklus során jelentős mennyiségű anyag távozatott az L_1 ponton át a főkomponens körüli korong forró foltjára*, s a kitörés 1944 októberében be is következett. Az RR Tel kitörés előtti fénygörbéje a 2. ábrán látható.

Ugyancsak ebbe a felsorolásba illenek az



2. ábra. Az RR Telescopii nóva kitörés előtti fénygörbéje. A függőleges tengelyen a fényesség van feltüntetve magnitúdóban, az abszcisszán a Julián-dátum (E. L. Robinson nyomán)

UX Ursae Majoris típusú csillagok,

melyek szintén szoros kettősök, s színképük, valamint fotometriai viselkedésük egyaránt hasonló a nóvák „nyugalmi” állapotában (azaz a fényesség minimumában) megfigyelhető jelenségekhez. Az alapvető különbség csak az, hogy az UX UMa és a hozzá hasonló csillagok (RW Tri, VV Pup, V Sge) *még nem produkáltak nóva kitörést* fényváltozásuk felfedezése óta. Biztosra vehető, hogy mindezek a csillagok *leendő nóvák*, de a kitörés időpontját előre nem lehet megjósolni.

Az iménti két példa annak illusztrálására szolgált, hogy a nóva kitörésére korlátozott mértékben *előzetesen* is következtetni lehet. A törpe nóvánál a kitörések viszont olyan gyakran következnek be, hogy azok megfigyelése nem esetlegesen, hanem rendszeresen történik. Mégis egészen az utóbbi időkben több olyan eredmény született, melyek alapján

a törpe nóvák új felosztása

vált szükségessé. A korábbi felosztás szerint a törpe nóvákat két nagy csoportra osztották: az *U Geminorum* (vagy SS Cygni) és a *Z Camelopardalis* típusúakra. Az U Gem típusba tartozott a törpe nóvák nagy része, míg a Z Cam csoport tagjainál néha hosszú ideig szünetel a kitörés. A csillag fényessége ilyenkor a nyugalmi és a maximális fényesség közötti értéken stagnál. A Z Cam típusú csillagok átlagos kitörési időköze viszont rövidebb, mint az átlagos U Gem csillagoké.

Az új felosztás változatlanul hagyja a Z Cam csoportot, és két részre bontja az U Gem típusú csillagokat. Az újonnan definiált *SU Ursae Majoris* csoportba azok a — korábban U Gem típusba sorolt — törpe nóvák tartoznak, melyek ciklushossza általában rövid, és *rendszeres időközönként (néhány száz naponként) a normálisnál jóval fényesebb és hosszabb ideig tartó szupermaximum következik be*. A többi (normális) törpe nóva továbbra is az U Gem típusba tartozik. Az SU UMa típusú törpe nóvák további érdekessége, hogy *a szupermaximumok idején a fénygörbe periodikusan oszcillál*. Ennek az oszcillációnak (az ún. szuperpúpoknak) az amplitúdója 0,2–0,3 magnitúdó, periódusa pedig kb. 3 %-kal hosszabb, mint a kettős rendszer keringési periódusa. A szupermaximumok ismétlődési periódusa általában kétféle értéket vesz fel, s néhány évig az egyik szuperperiódus van érvényben, majd évekig a másik. A szupermaximumok és a szuperpúpok létének magyarázata szintén a törpe nóvák kettősségében rejlik, de a részletes modellek kidolgozása még várat magára.

Ugyancsak kivétel nélkül mind kettőscsillagok a

nóvaszerű (Z Andromedae) változócsillagok,

melyeket gyakran tévesztenek össze a törpe nóvákkal. A nóvaszerű (Z Andromedae típusú) változócsillagok tulajdonképpen a *szimbiotikus* csillagok. Jellemzőjük, hogy a kettősség már a színeképg megtekintésekor is felismerhető, mivel *egy vörös óriás és egy korai színeképtípusú csillag jellemző színeképi sajátosságai egyidejűleg látszódnak a spektrumban.* Emiatt kapták a biológiából kölcsönvett nevüket is e csillagok (szimbiózis = együttélés). A színeképre jellemző még az emisszió, mely anyagkiáramlásra utal.

A szimbiotikus csillagok fotometriai változócsillagok, fényváltozásuk általában szabálytalan, de néha közel periodikus fényesség-ingadozást is produkálnak, néhány száz nap körüli periódussal. A nóvaszerű csillagok időnként bekövetkező kitöréseinek amplitúdója kb. 3 magnitúdó. Miként a nóváknál is, kitöréskor a nóvaszerű csillag színeképe jelentősen megváltozik. A színekép létrehozásában a két csillagon kívül szerepet játszik a *rendszer körülvevő gázfelhő,* melynek létére az állandó emisszió és az időnkénti kitörések is utalnak. A szimbiotikus csillagokban fellépő kitörések oka egyelőre nem ismeretes.

E csillagok tejútrendszerbeli eloszlása egyébként azonos a planetáris ködökével. Emiatt vetődött fel, hogy a planetáris ködök és a szimbiotikus csillagok azonos fejlődési fázisban vannak, csak planetáris ködöt magányos csillag bocsát ki, míg a hasonló korú és megfelelő tömegű kettősből szimbiotikus csillag válik. Ez az elgondolás sem ellentmondásmentes, de nincs jobb, s ez egyértelműen a helyzet tisztázatlanságára utal.

Az előzőek során utalás történt rá, hogy *a kitöréses változók második komponense vörös csillag.* A törpe nóváknál a vörös komponens általában fősorozati csillag, a nóvaszerű változóknál pedig óriás.

A vörös óriások

között viszont közismerten sok változó van. Már a kitöréses változóknál is láttunk példákat vörös változócsillagokra. Ilyen volt például az RR Tel másodkomponensének a nóva kitörése előtti kváziperiodikus változása (ld. 2. ábra).

Ugyancsak elmondható, hogy az R Aquarii nevű,

mira típusú változócsillagot

tartalmazó kettős rendszer közismert szimbiotikus pár. Legutóbbi nóvaszerű kitörése 1885-ben volt megfigyelhető. Az R Aqr időnként rendelkezéses mira-fénygörbéje alapján nemrég kimutatták, hogy a rendszer

együttal egy 44 éves keringési periódusú fedési változó is. Maga a fedés nyolc évig tart, ilyenkor az R Aqr maximális fényessége és amplitúdója jelentősen lecsökken. Itt tehát nem szabad a fedést hagyományos módon elképzelni: *a vörös óriásról jövő fény csak gyengítődik a kék főkomponens körül kialakult gázfelhőn történő áthaladás során.*

Érdekes, de az Olvasó számára most már nem meglepő, hogy maga a *Mira Ceti* is egy kettőscsillag komponense. A *Mira Ceti* kísérője a VZ Ceti néven ismert szabálytalan, kék változócsillag. Afelől nincs kétség, hogy *a Mira által kibocsátott anyag befolyásolja a VZ Ceti változásait,* de az még nincs tisztázva, hogy a kék csillag nem éppen a Miráról kiáramló anyag hatására vált-e változóvá. E kettőscsillag keringési periódusa egyébként körülbelül száz év, ennek ellenére a komponensek kölcsönhatása miatt a rendszer szoros kettősnek minősül.

Sok példát lehetne még említeni a mirák kettősségére. Emeljük ki közülük még az *R Hydraet*, melynek fényváltozási periódusa kétszáz év alatt 500 napról 400 napra csökkent. Ez a rendkívül gyors periódusváltozás is a komponensek igen intenzív egymásra hatásával magyarázható.

A vörös változók között igen jelentősek az óriás, illetve szuperóriás osztályba tartozó

félíg szabályos (szemireguláris) változócsillagok.

Bár a szemireguláris változók vizsgálata nem annyira divatos téma, mint a periodikus változócsillagoké, a félíg szabályos változócsillagok között is találtak már kettőscsillagot. Ezek közül a legismertebb a VV Cephei, melynek egyik komponense egy emissziós B csillag, s a másik (M2 szuperóriás) komponens a félíg szabályos változó. A rendszer érdekessége a rendkívül hosszú — több mint húszéves — keringési periódus, és az, hogy pályasíkjának elhelyezkedése révén a VV Cep egyúttal fedési változó is. Ez a csillagpár is minden bizonnyal még sok érdekességet tartogat a csillagászok számára.

Eddig a kettősség által okozott hatásokat tekintettük át néhány alapvető változócsillag-típus esetében. Az összes fizikai változócsillag-típus vesonló vizsgálatára e cikk keretében nincs lehetőség. Ezért

az egyéb változócsillagok

esetében a kettőscsillagok előfordulási gyakoriságát csak igen vázlatosan ismertetjük.

A legfiatalabb csillagok, még a fősorozatra jutás előtt is produkálnak fényváltozást. Ezek

az UV Ceti típusú vagy flércsillagok.

A flérek legjobban az igen kis luminozitású vörös törpéknél mutathatók ki. Biztosra vehető azonban, hogy a magasabb felszíni hőmérsékletű csillagok is fléreznek, csak a flér megjelenése miatti luminozitás-növekedés kevésbé vagy egyáltalán nem vehető észre a csillag nagyobb fényessége miatt. A mi Napunk is mutat flértevékenységet, de ezt csak közelsége miatt tudjuk megfigyelni.

A vörös törpe flércsillagok között is igen sok a kettőscsillag. Közülük is említést érdemel a V 645 Centauri, vagy hagyományos nevén Proxima Centauri, azaz a Naprendszerhez legközelebb található csillag. Olyan kettőscsillagot is találtak már, melynek mindkét komponense flértevékenységet mutat.

A BY Draconis típusú változócsillagoknál

ugyanesak flértevékenység figyelhető meg. Ezek a vörös törpék még periodikus fényváltozást is mutatnak [4]. Ez utóbbi oka a csillag felszínén létrejövő sötét és fénylő foltok létében keresendő, melyek a csillag tengelyforgási idejével megegyező periódusú fényváltozást hoznak létre. Egyelőre nem világos, hogy milyen kapcsolat áll fenn a napfoltoknál jóval nagyobb méretű foltok keletkezése és a csillag esetleges kettőssége között, de annyi biztos, hogy a BY Dra típusú változócsillagok legtöbbször kettős rendszerben található.

Sok tekintetben a BY Dra típusú változók rokonai az ún.

RS Canum Venaticorum típusú kettősök.

Az RS CVn csillagok [6] a kölcsönható kettősök egyik alapvető csoportját képezik. E csillagoknál a komponensek kölcsönhatása nem jár feltétlenül megfigyelhető fényváltozással, s az egymásra való hatás esetleg csak szinképi vizsgálatokkal mutatható ki. Ugyanakkor flérfelvilágítást is megfigyeltek már ilyen típusú változónál.

Feltétlenül meg kell említeni

a mágneses változócsillagokat

(különleges A szinképtípusú csillagok), melyekről szintén azt gyanítják, hogy csak kettőscsillagokban fordulnak elő [3].

Az elmúlt évek felfedezései alapján alakult ki egy újabb változócsillag-típus,

az FK Comae csillagok

definíciója. Az eddig talált három ilyen objektumról kimutatták, hogy azok *összetapadó kettőscsillagok*. A kis amplitúdójú fényváltozáson kívül igen erős kromoszférikus (és az afölötti területekről származó) aktivitás jellemzi ezeket a csillagokat, amit a színeképben megfigyelhető kalcium- és hidrogénemisszió jelez.

A további változócsillag-típusok elemzése helyett még egy nagyon fontos kérdésre kell kitérni: arra, hogy melyek

a kettősség kimutatásának módszerei.

A kettőscsillagok kimutatására szolgáló hagyományos módszereken kívül több olyan eljárás létezik, mely csak bizonyos fizikai változócsillagoknál utal a kettősségre.

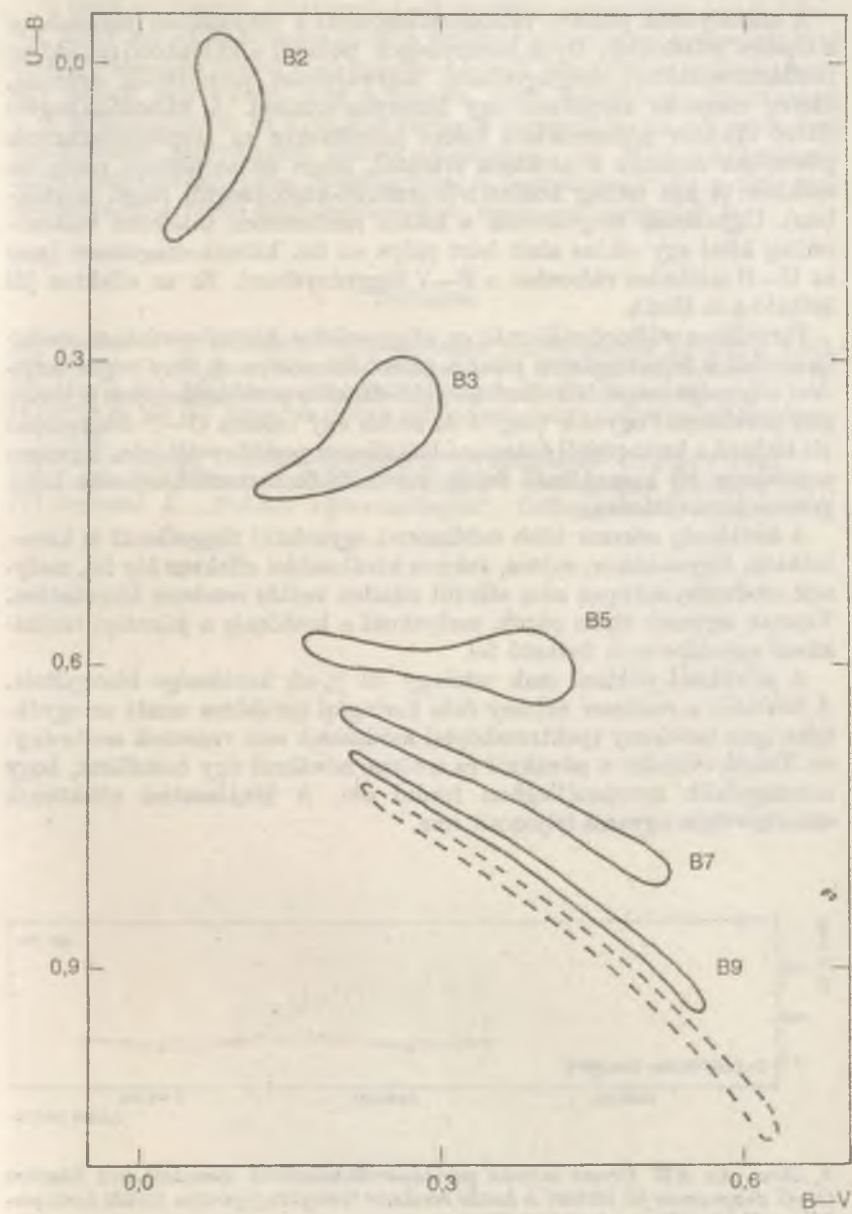
Az objektum kettőscsillag volta eleve biztos, ha az *fedési változó*nak bizonyul. Ebben azonban a véletlennek nagy szerepe van: ekkor ugyanis a rendszer pályasíkjának a látóirányba kell esnie!

A kettősség kimutatása történhet *vizuálisan*, ha a két komponens távcsővel nézve különválasztható. A két csillag látóirányú közelsége azonban még nem jelenti azok fizikai kapcsolatát. Az egymáshoz tartozás csak akkor tekinthető bizonyítottnak, ha a *két csillag közös tömegközéppont körüli keringése során bekövetkező elmozdulás asztrometriai úton kimutatható*. Ehhez azonban olykor több évtizedre és a vizuálisnál pontosabb technikára van szükség.

A kettősség kimutatására a leghatékonyabban a *színeképi módszerek* használhatók. A kettősségre utal, ha a színeképben két, egymástól igen eltérő csillag vonalai és sávjai figyelhetők meg (pl. a szimbiotikus csillagoknál). Igen jól használható a *színeképvonalak periodikus hullámhossz-eltolódása* mint a kettősség bizonyítéka. Ez a jelenség a közös tömegközéppont körüli keringés során létrejövő látóirányú sebességváltozás miatt lép fel a spektroszkópiai kettősöknél.

Bizonyos színeképi sajátosságok szintén kísérő csillag jelenlétére utalnak: ilyen lehet a Wolf-Rayet csillagoknál az emisszió/kontinuum arány kicsiny értéke, vagy a mira csillagoknál az infravörösben megfigyelhető többletsugárzás és a molekulamézer-vonalak kis intenzitása.

3. ábra. Egy négynapos periódusú cefeida mellett feltételezett különböző színeképtípusú kék kísérő így torzítja el a cefeida eredeti (szaggatott vonallal jelzett) kétszín-diagramját. A fősorozati kísérő színeképtípusa a görbék mellett van felüntetve (B. F. Madore nyomán)

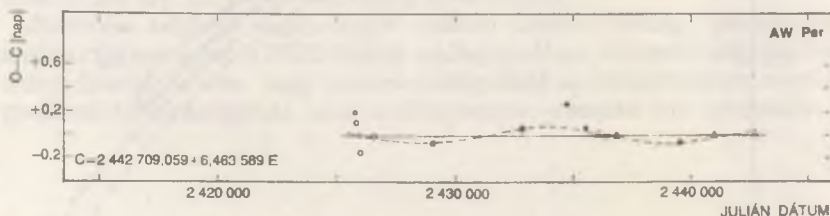


A szabályosan pulzáló változócsillagoknál a fényváltozás paramétereit a típusra jellemzőek. Ilyen mennyiségek például a különböző színekben (hullámhosszakon) megfigyelhető fényváltozási amplitúdók arányai, illetve maga az amplitúdó egy bizonyos színben. A változócsillagtól eltérő effektív hőmérsékletű kísérő jelenlétekor az amplitúdóarányok jelentősen eltérnek a szokásos értéktől, maga az amplitúdó pedig lecsökken (a két csillag közötti hőmérséklet-különbségtől függő mértékben). Ugyancsak megváltozik a kettős rendszerben található változócsillag által egy ciklus alatt leírt pálya az ún. kétszín-diagramon (ami az U—B színindex változása a B—V függvényében). Ez az effektus jól látható a 3. ábrán.

Periodikus változócsillagnál az alapperiódus hosszú periódusú modülációjából is következtetni lehet a kísérő létezésére. A fény véges terjedési sebessége miatt létrejövő fényidő-effektus periódusa éppen a keringési periódussal egyezik meg. A 4. ábrán egy cefeida O—C diagramján jól látható a keringésből származó látszólagos periódusváltozás. Ugyanez a módszer jól használható fedési kettősökhöz tartozó harmadik komponens kimutatására.

A kettősség sokszor több módszerrel egymástól függetlenül is kimutatható. Ugyanakkor, sajnos, számos kiválasztási effektus lép fel, melynek eredményeképpen nem sikerül minden kettős rendszer kimutatása. Vannak ugyanis olyan párok, melyeknél a kettősség a jelenlegi technikával egyelőre nem fedhető fel.

A nóváknaál például csak mintegy 70 %-uk kettőssége bizonyított. A többinél a rendszer néhány órás keringési periódusa miatt az egyébként igen hatékony spektroszkópiai módszerek sem vezetnek eredményre. Ennek ellenére a nóvákról és a törpe nóvákról úgy beszélünk, hogy mindegyikük kettőscsillagban fordul elő. A kiválasztási effektusok számbavétele ugyanis feljogosít erre.



4. ábra. Az AW Persei cefeida periódusváltozásainak kimutatására készített O—C diagramon jól látható a kettős rendszer tömegközéppontja körüli keringésből eredő látszólagos periódusváltozás

A fenti módszerek alkalmazásának korlátai ugyanakkor azt is jelentik, hogy *egy csillagtípuson belül a kettősség előfordulási gyakoriságának csak a minimális értékét lehet megadni*. Annak bizonyítása ugyanis, hogy egy csillag *nem* kettős, még nehezebb, mint a kettősség kimutatása.

A kettőscsillagok és a fizikai változók kapcsolata ma az egyik legizgalmasabb asztrofizikai kérdés. Hazánkban az MTA Csillagászati Kutatóintézetében ilyen kutatásokkal is foglalkoznak. Ez a cikk tartalmazza az e téren elért legfontosabb hazai eredményeket is.

Irodalom

- [1] *Guman I.* „Fotometriai kettőscsillagok”; Csillagászati Évkönyv 1972.
- [2] *Kovács G.* „A gyorsfotometria eredményei”; Csillagászati Évkönyv 1980.
- [3] *Marik M.* „Mágneses csillagok”; Csillagászati Évkönyv 1981.
- [4] *Oláh K.* „A BY Draconis típusú változócsillagok”; Csillagászati Évkönyv 1979.
- [5] *Patkós L.* „A Wolf-Rayet csillagok”; Csillagászati Évkönyv 1978.
- [6] *Patkós L.* „Kölcsönható kettőscsillagok”; Csillagászati Évkönyv 1981.
- [7] *Szabados L.* „Pulzáló változócsillagok”; Csillagászati Évkönyv 1977.

A fedélterv Radó Péter munkája

A kiadásért felel a Gondolat Könyvkiadó igazgatója

82. 22099 Petőfi Nyomda, Kecskemét
1982. Budapest

Felelős vezető: Ablaka István

Felelős szerkesztő: Gerner József

Műszaki vezető: Gonda Pál

Műszaki szerkesztő: Radó Péter

Megjelent 8000 példányban,

19 (A/5) ív + 16 oldal melléklet terjedelemben,
az MSZ 5601—59 és 5602—55 szabvány szerint

62,— Ft



GONDOLAT